



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**ROTINA COMPUTACIONAL NA LINGUAGEM DO
SOFTWARE GAMBIT PARA A GERAÇÃO DA
GEOMETRIA E DA MALHA DE UM LEITO DE
CAROÇO DE AÇAÍ**

**Autor: Matheus Antunes Bezerra
Orientador: Fábio Alfaia da Cunha**

**Brasília, DF
2015**



MATHEUS ANTUNES BEZERRA

**ROTINA COMPUTACIONAL NA LINGUAGEM DO SOFTWARE GAMBIT PARA A
GERAÇÃO DA GEOMETRIA E DA MALHA DE UM LEITO DE CAROÇO DE AÇAÍ**

Monografia submetida ao curso de graduação em engenharia de energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em engenharia de energia.

Orientador: Fábio Alfaia da Cunha

**Brasília, DF
2015**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Antunes, Matheus Bezerra.

Rotina Computacional na Linguagem do Software
Gambit para a Geração da Geometria e da Malha de um
Leito de Carvão de Açai / Matheus Antunes Brasília:
UnB, 2014.36 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 201. Orientação: Fábio Alfaia da
Cunha

1. Palavra Chave. 2. Palavra chave. 3. Palavra chave3 I.
Sobrenome do orientador, Nome do orientador. II. Título.

CDU Classificação

- A ficha catalográfica oficial deverá ser solicitada à Biblioteca pelo aluno após a apresentação.



ROTINA COMPUTACIONAL NA LINGUAGEM DO SOFTWARE GAMBIT PARA A GERAÇÃO DA GEOMETRIA E DA MALHA DE UM LEITO DE CAROÇO DE AÇAÍ

Matheus Antunes Bezerra

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 30 de junho de 2015 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. DSc: Fábio Alfaia da Cunha, UnB/ FGA
Orientador

Prof. DSc: Augusto César de Mendonça Brasil, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof. DSc: Juliana Petrocchi Rodrigues, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2015

Esse trabalho é dedicado às crianças adultas
que quando pequenas, sonharam em se
tornar cientistas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me manter forte neste caminho que trilho e vai chegando ao fim que é o bacharelado em engenharia de energia.

Também agradeço aos familiares e amigos que me dão apoio na vida, em especial a minha mãe.

E ao meu orientador DSc Fábio Alfaia da Cunha pela orientação e ensinamentos no processo de confecção deste trabalho.

A Lei da oportunidade diz que todos terão, em sua trajetória, oportunidade para melhorar de vida. Apesar de sermos afetados pela nossa origem social e econômica, pelo o acesso á educação, pela cultura e formação, podemos mudar nossa historio (William Douglas e Rubens Teixeira).

RESUMO

A humanidade necessita cada vez mais de energia, visto que a sua demanda só aumenta. A busca por novas fontes tem intensificado, e uma das respostas a essa questão pode ser a gaseificação do caroço do açaí. O açaí, após ser processado, tem o seu caroço descartado pela indústria alimentícia, por não ter mais serventia a este segmento. Devido à grande quantidade de material descartado, na ordem de 110.000 toneladas ao ano, a sua gaseificação torna-se uma fonte abundante de energia. A fim de encontrar o melhor rendimento para esse processo, este trabalho tem o objetivo de apresentar uma rotina computacional, na linguagem do software Gambit, para a geração de geometrias e malhas de um leito de caroço de açaí, levando em consideração as mais diversas formas de empacotamento dos caroços, para que sejam feitas simulações em software que utilizam os conhecimentos de dinâmicas dos fluidos computacionais.

Palavras-chave: Leito compactado. GAMBIT. Gaseificação. Arranjo de material de empacotamento.

ABSTRACT

Humanity needs energy more and more, we can see its demand increasing every day. Search for new sources of energy has been more intense, and an answer to this issue could be the gasification of the açai seeds. Nowadays the seeds of açai have been discharged by the food industries after it has been processed, because there is no more use for it after all the process. Because of this, there is a huge amount of this discharged material, about 110.000 tons per year, its gasification can be an abundant source of energy. In order to find the best return for all this process, this work has the objective to present a computer routine, using the Gambit language, to create geometries and meshes of a floor of açai's seeds, considering different forms of packing the seeds, the software simulations that use the knowledge of the dynamic of computer fluids.

Keywords: Packed bed. GAMBIT. Gasification. Arrangement packaging material.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Leito compactado.	12
Figura 2 – Arranjos das partículas	13
Figura 3 – Direções adotadas na determinação do diâmetro médio do açaí	14
Figura 4 – Métodos diferentes de modificação de contacto	16
Figura 5 – Relação do raio da partícula com o lado do cubo	18
Figura 6 – Relações trigonométricas presentes no Cúbico Simples.	19
Figura 7 – Cúbica de face centrada.	19
Figura 8 – Face do arranjo Cúbica de Face Centrada.	20
Figura 9 – Relações trigonométricas presentes no Cúbica de Face Centrada.	20
Figura 10 – Relações trigonométricas no Cúbica de Corpo Centrado	21
Figura 11 – Plano da diagonal com as relações trigonométricas do Cúbica de Corpo Centrado.	22
Figura 12 – Contorno lateral da cúbica simples	22
Figura 13 – Relação trigonométrica do contorno lateral da cúbica simples	23
Figura 14 – Contorno lateral da cúbica de face centrada.	24
Figura 15 – Relação trigonométrica do contorno lateral da cúbica de face centrada	24
Figura 16 – Contorno lateral da cúbica de corpo centrado	25
Figura 17 – Relação trigonométrica do contorno lateral da cúbica de corpo centrado.	25
Figura 18 – Aresta para distribuição Cúbica Simples.	26
Figura 19 – Aresta para distribuição Cúbica de Face Centrada.	27
Figura 20 – Aresta para distribuição Cúbica de Corpo Centrado.	27
Figura 21 – Vértice do leito compactado.	28
Figura 22 – Material empacotado nos arranjos CS (1), CFC (2) e CCC (3).	29
Figura 23 – Leito esquematizado do gaseificador com arranjo Cúbica Simples	30
Figura 24 – Leito empacotado esquematizado do trabalho da Yuu (2011).	31
Figura 25 – Material empacotado formato cilíndrico nos arranjos CS (1), CFC (2) e CCC (3).	32
Figura 26 – Leito esquematizado do gaseificador cilíndrico com arranjo Cúbica Simples.	33
Figura 27 – Leito empacotado esquematizado do trabalho do Roger (2014).	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de eletricidade no Brasil em GWh.	11
Tabela 2 – Diâmetro médio nas direções “x” “y” e “z” dos 230 caroços de açaí . . .	17
Tabela 3 – Dados do reator presente em Yuu (2011).	31
Tabela 4 – Dados do reator presente em Roger (2014)	34

LISTA DE SIGLAS

CFD Dinâmica de Fluidos Computacionais

CS Cúbica Simples

CFC Cúbica de Face Centrada

CCC Cúbica de Corpo Centrado

Dp Diâmetro da Ponte

L Tamanho do Lado do Cubo

R Raio da Partícula

D Diâmetro da Partícula

H Comprimento da ponte

Rp Raio da Ponte

P Projeção do Triângulo

Dq Diagonal do Quadrado

Dc Diagonal do Cubo

PROINFA Programa Nacional de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2 OBJETIVO.....	17
3 METODOLOGIA.....	17
3.1 CAROÇO DO AÇAÍ	17
3.2 RELAÇÕES TRIGONOMÉTRICAS NOS ARRANJOS	18
3.2.1 Cúbica simples (CS).....	18
3.2.2 Cúbica de face centrada (CFC)	19
3.2.3 Cúbica de corpo centrado (CCC).....	21
3.3 CONTORNO LATERAL PARA O PRISMA	22
3.3.1 Contorno lateral da cúbica simples.....	22
3.3.2 Contorno lateral cúbica de face centrada.....	23
3.3.3 Contorno lateral cúbica de corpo centrado.....	25
3.4 ARESTA DO MATERIAL DE EMPACOTAMENTO PARA O PRISMA.....	26
3.4.1 Aresta para o arranjo de cúbica simples.....	26
3.4.2 Aresta para o arranjo de cúbica de face centrada.....	27
3.4.3 Aresta para o arranjo de cúbica de corpo centrado.....	27
3.5 VÉRTICE DO MATERIAL DE EMPACOTAMENTO PARA O PRISMA	28
4 RESULTADO	28
4.1 PRISMA RETO QUADRANGULAR MATERIAL EMPACOTADO.....	29
4.1.1 Leito compactado no gaseificador	30
4.2 CILINDRO MATERIAL EMPACOTADO.....	32
4.2.1 Leito compactado no gaseificador cilíndrico	33
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	36
ANEXO 1 - CÓDIGO ARRANJO CÚBICA SIMPLES PRISMA	38
ANEXO 2 - CÓDIGO ARRANJO CÚBICA DE FACE CENTRADA PRISMA	50
ANEXO 3 - CÓDIGO ARRANJO CÚBICA DE CORPO CENTRADO PRISMA.....	65
ANEXO 4 - CÓDIGO ARRANJO CÚBICA DE CORPO CENTRADO CILINDRO.....	76
ANEXO 5 - CÓDIGO ARRANJO CÚBICA DE CORPO CENTRADO CILINDRO.....	84
ANEXO 6 - CÓDIGO ARRANJO CÚBICA DE CORPO CENTRADO CILINDRO.....	94

INTRODUÇÃO

A humanidade necessita cada vez mais de energia para atender a demanda crescente com o decorrer dos anos, o Brasil segue esta tendência mundial, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 1: Consumo de eletricidade no Brasil em GWh.

Fonte: Ministério de Minas e Energia. (2015).

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2014	132.049	178.055	89.819	73.472	473.395
2015	138.872	176.971	95.302	76.311	487.456
2016	145.089	179.574	100.621	79.084	504.368
2017	151.391	184.370	106.238	82.134	524.134
2018	157.817	193.359	112.184	85.068	548.427
2019	164.487	200.950	117.954	88.137	571.529
2020	171.341	209.463	123.903	91.467	596.173
2021	178.381	216.202	130.022	94.918	619.523
2022	185.611	222.822	136.304	98.493	643.231
2023	193.029	230.409	142.738	102.194	668.370
2024	200.642	237.287	149.452	106.089	693.469

A partir da previsão de aumento no consumo, dos atuais 487.456 GWh para os 693.469 GWh em 2024, o Governo Federal criou Programa Nacional de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que tem por objetivo oferecer incentivos fiscais para a produção e diversificação da geração de energia elétrica por fontes alternativas como: biomassa, solar, eólica e pequena central hidrelétrica.

As termoeletricas podem utilizar o gás para substituir o Diesel ou adicioná-lo. Ao adotarem a gaseificação como o processo para gerar energia elétrica, receberão os incentivos do PROINFA. Por isso esta tecnologia está em destaque no cenário energético.

A gaseificação é o processo para transformar a biomassa em combustível gasoso, por meio de reações termoquímicas de acordo com Yuu (2011). O seu processo ocorre por meio de quatro fases: secagem, pirólise, oxidação e redução.

A secagem é a fase que envolve transporte de massa e calor, ocorre quando a biomassa é introduzida no gaseificador e forma o leito compactado (Figura 1), com o objetivo de retirar a umidade. A pirólise implica em uma decomposição da biomassa através do aquecimento (Hastaoglu & Berruti 1989), resultando na

liberação de mistura de gases orgânicos e inorgânicos. A oxidação da biomassa, terceira fase, ocorre por ação do calor sobre leito compactado e os gases emitidos, com a responsabilidade por manter o fornecimento de energia térmica para que as demais fases aconteçam. Na quarta etapa, a redução, os gases oriundos das fases anteriores sofrem reações químicas para se tornarem gás combustível, o produto final da gaseificação, descrito por Yuu (2011).

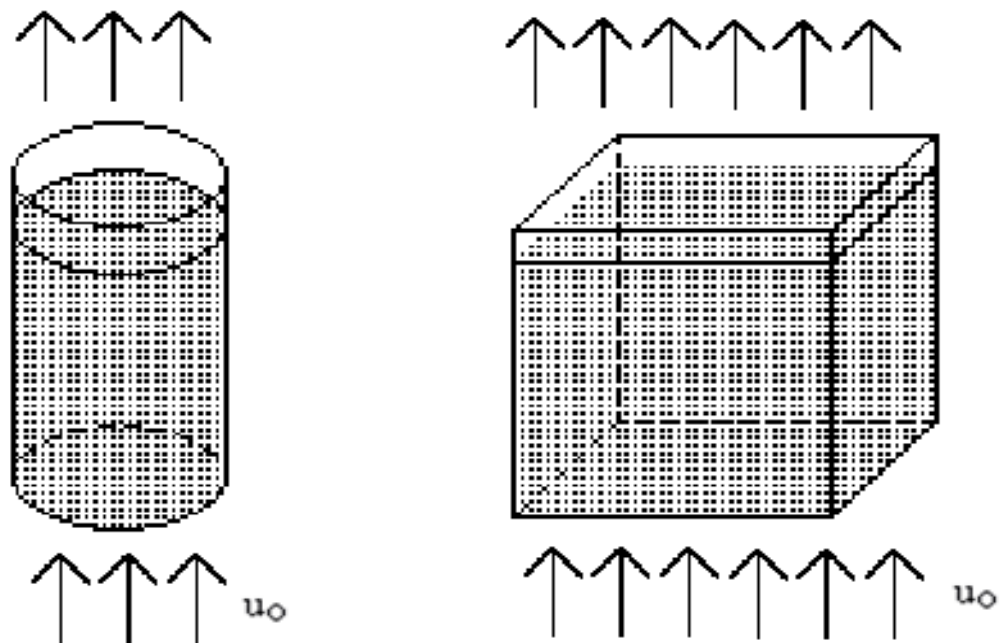


Figura 1: Leito compactado.

Graças ao avanço tecnológico na área de informática e dinâmica de fluidos computacionais (CFD), a simulação de escoamento e transferência de calor no leito compactado torna-se uma importante ferramenta a fim de obter características dos pequenos espaços entre os materiais, quanto macroscópicas.

Por exemplo, nos recentes estudos de Shams et al. (2012, 2013a, 2013b), a transferência de calor em fluxo turbulento tridimensional, em uma cama de cascalho, foi numericamente investigados com o método de simulações diretas, o que pode servir de referência para a validação de diferentes abordagens de modelagem de turbulência. Os resultados obtidos mostraram boa previsão do transporte de calor e fluxo no núcleo do leito de cascalho segundo Li et al (2012) provando que o método CFD é uma ferramenta confiável na modelagem da convecção de calor e transferência de massa nos leitos.

Para assim ser possível prever fenômenos na gaseificação e tomar medidas com a finalidade de aumentar o rendimento do processo de produção de gás combustível. Neste trabalho o leito compactado está sendo analisado somente para a gaseificação, mas ele tem utilidades em outras aplicações indústrias, por exemplo: processos químicos, energia nuclear (reatores), torres de absorção e gaseificação (Van Antwerpen et al, 2012; Yang et al, 2012).

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo avaliado neste trabalho é a gaseificação do caroço de açaí que consiste de um leito compactado composto por um material de empacotamento formado por partículas. Para Min et al. (2007), os arranjos que as partículas podem adquirir no leito são células cúbicas com os seguintes arranjos: cúbica simples (CS), cúbica de face centrada (CFC) e cúbica de corpo centrado (CCC) (Figura 2), a partir do entendimento que as partículas são esferas perfeitas.

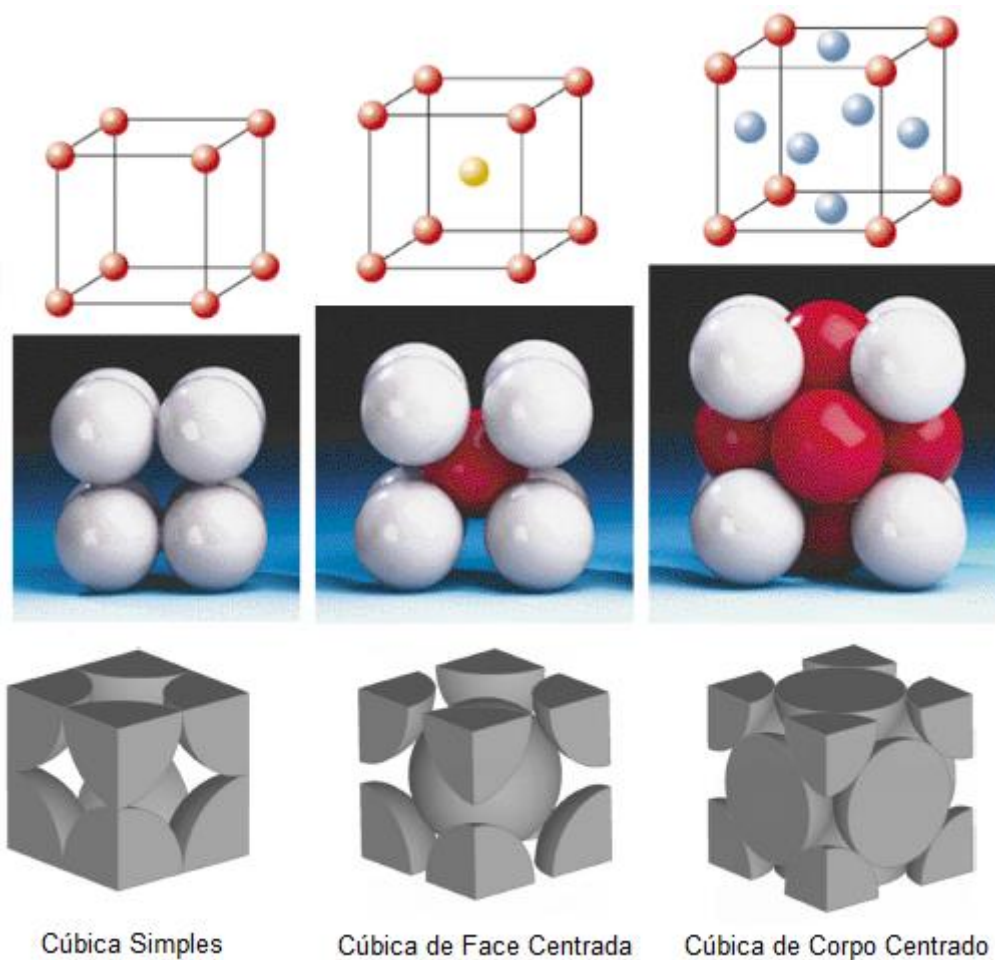


Figura 2: Arranjos das partículas.

Fonte: Bu et al. (2014).

Os caroços de açaí não possuem o formato de esfera, mas podem ser aproximados por partículas perfeitamente esféricas que possuem diâmetros iguais a media dos três diâmetros médios nas direções x, y e z de um caroço apresentado na figura 3 (Cruz et al, 2010).

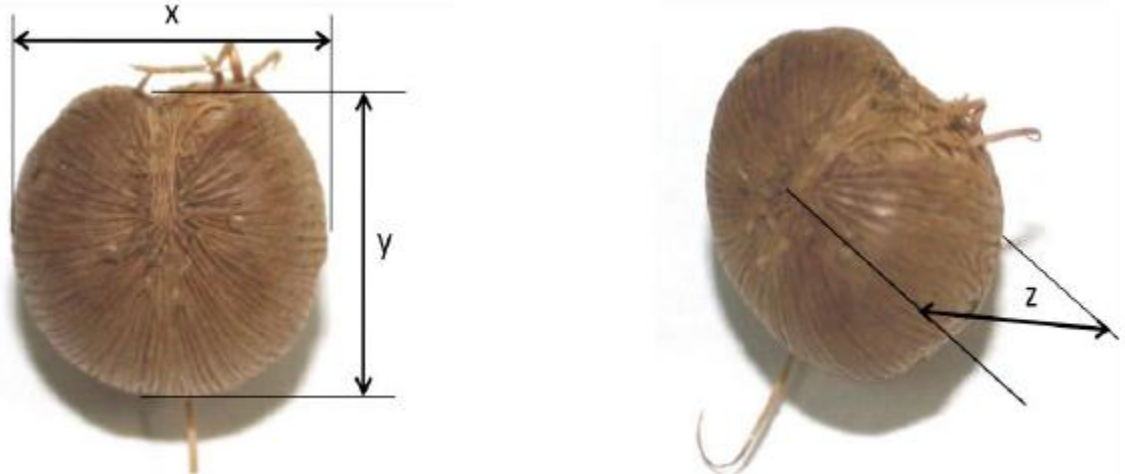


Figura 3: Direções adotadas na determinação do diâmetro médio do açaí.

Fonte: Cruz et al.(2010).

O ponto de contato entre os materiais de empacotamento é uma região importante, visto que é difícil gerar malhas computacionais de alta qualidade nesses pontos (entre partículas ou entre a parede e partícula). A geometria da malha próxima dos pontos de contato seria distorcida o que pode levar a problemas de convergência e de simulação computacional afetando a precisão. Para diminuir esse efeito, vários métodos que visam alterar os pontos de contato foram apresentados na literatura.

Os estudos de Nijemeisland e Dixon (2001, 2004) e Bai et al. (2009), as partículas foram encolhidas por uma certa quantia e os pontos de contato foram substituídos por pequenos espaços entre as partículas. Por outro lado, Guardo et al. (2004, 2006) sugeriram aumentar os diâmetros do material por um certo valor e os pontos de contato foram substituídas pelas áreas de sobreposição entre os materiais.

Além disso, na obra de Ookawara et al. (2007) e Kuroki et al. (2007), as partículas em seus pontos de contato foram substituídos por ponte cilíndricas para reduzir as geometrias computacionais finas em torno dos pontos de contato. E Eppinger et al. (2011) apresentaram uma forma alternativa aonde as partículas eram

achatadas localmente nos pontos de contato, a distância entre as duas superfícies das partículas diminuía por um valor pré-definido. Este método seria equivalente à remoção de tampas esféricas nos pontos de contato entre as partículas.

Nos estudos acima mencionados, os métodos de modificação de pontos de contato foram concordantes dentro dos respectivos estudos. Mas há um desacordo sobre qual é o melhor tratamento. Por exemplo, o método de partícula encolhimento iria reduzir a porosidade e pode causar a subestima da queda de pressão e de transferência de calor nos leitos embalados.

Dixon et al. (2013), em um estudo recente, realizou um estudo sistemático sobre os pontos de contato de parede partícula e entre partículas com base no modelo de duas. Quatro métodos diferentes de modificação de contato (figura 4), lacunas (encolhimento das partículas), área de sobreposição (aumento da partícula), pontes (pontes cilíndricas) e bonés (remoção de uma capa da esfera) foram cuidadosamente comparados para examinar os efeitos de modificação nas performances de transferência de calor e fluxo de massa.

Verificou-se que as modificações globais (lacunas ou sobreposições métodos) mudariam a porosidade do leito e resultando em simulações erradas, enquanto que as modificações locais (pontes ou bonés) fariam pequenos desvios na porosidade gerando simulações melhores, como conseqüências melhoram as predições do coeficiente de arrasto e queda de pressão. Além disso, entre as modificações locais, o método pontes apresentou o melhor resultado computacional para o contato entre partículas e partícula parede para transferência de calor ocorre por meio da condução.

Após Dixon determinar que o tratamento de pontes é o melhor, a dimensão do diâmetro da ponte (D_p) que, segundo Bu et al. (2014), deve ser entre 16% a 20% do diâmetro da partícula, já que diâmetros menores resultam em queda de pressão maiores e diâmetros maiores causam a diminuição da temperatura média no interior do leito, em relação a dados experimentais. O diâmetro da ponte que será adotado no trabalho é o de 16%.

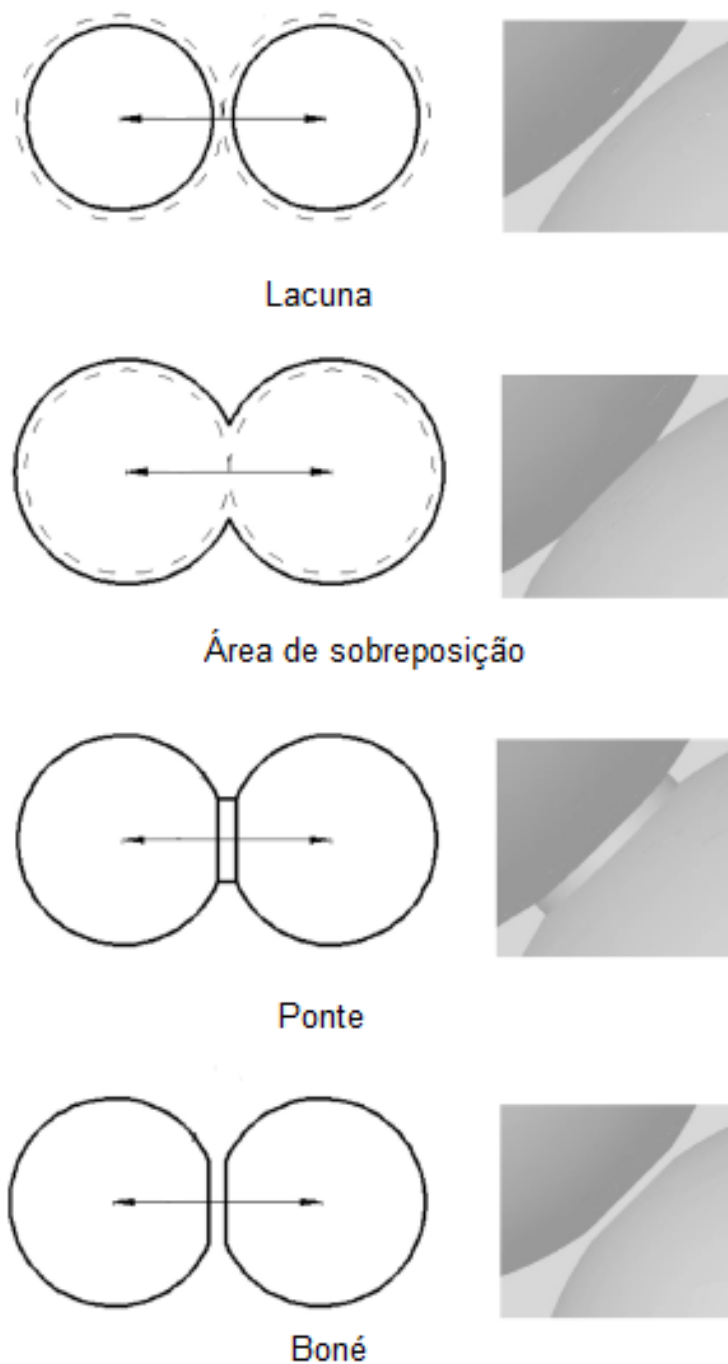


Figura 4: Métodos diferentes de modificação de contacto.

Fonte: Bu et al. (2014).

A esquematização do leito nas formas de cilindro e prisma reto quadrangular, compostos por geometrias CS, CFC e CCC serão montados no Gambit software que cria geometrias a partir de rotinas computacionais inseridas nele e malhas. As rotinas computacionais apresentadas, nos anexos, esquematizam o leito da melhor forma levando em conta os conhecimentos apresentados anteriormente.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como meta elaborar rotinas computacionais para modelar o leito compactado, na forma de cilindro e prisma reto quadrangular para os arranjos CS, CCC, CFC pelo Gambit, e processamento no software de simulação do tipo CFD, com o foco em preservar o estudo de propriedades macroscópicas do leito, propriedades do material de empacotamento e propriedades do escoamento que ocorre neste meio, quando utilizado o processo de gaseificação.

3. METODOLOGIA

3.1. CAROÇO DO AÇAÍ

O caroço do açaí será aproximado por uma partícula esférica, que não sofre deformação em seu formato, para a esquematização do leito como mencionado anteriormente. O diâmetro usado neste trabalho vem dos dados obtidos por Cruz et al.(2010) que aferiu o diâmetro médio, nas três direções indicada na figura 3, de uma amostra que continha 230 amostragens. Os dados obtidos podem ser observados na tabela 1.

Tabela 2: Diâmetro médio nas direções “x” “y” e “z” dos 230 caroços de açaí.

Fonte: Cruz et al. (2010).

Direções	X	Y	Z
Diâmetro médio	1,1554 cm	0,9737 cm	0,9649 cm
Desvio Padrão	0,0684	0,0834	0,0644

Com a finalidade de determinar o diâmetro devemos tirar a media dos três diâmetros médios para obtermos um diâmetro que melhor corresponda com os caroços da amostragem. O resultado é que o diâmetro será de 1,03 centímetros, sendo o valor adotado neste trabalho.

3.2. RELAÇÕES TRIGONOMÉTRICAS NOS ARRANJOS

A construção das células se dá por meio de relações trigonométricas explicadas abaixo, para cada tipo de arranjo possível de se formar. As geometrias abordadas neste capítulo serão utilizadas na construção do material de empacotamento com o formato de cilindro e prisma reto quadrangular.

3.2.1. CÚBICA SIMPLES (CS)

Neste tipo de empacotamento as partículas se localizam nos vértices do cubo assim sendo necessário saber o comprimento do cubo para definir a posição das partículas. O tamanho do lado do cubo (L) com o arranjo CS é igual a duas vezes o raio da partícula (R) como ilustrado na figura 5. O L é determinado a partir do R . Sabendo o lado da célula determina-se a posição das partículas e com esses dados é construído o cubo e as partículas no Gambit.

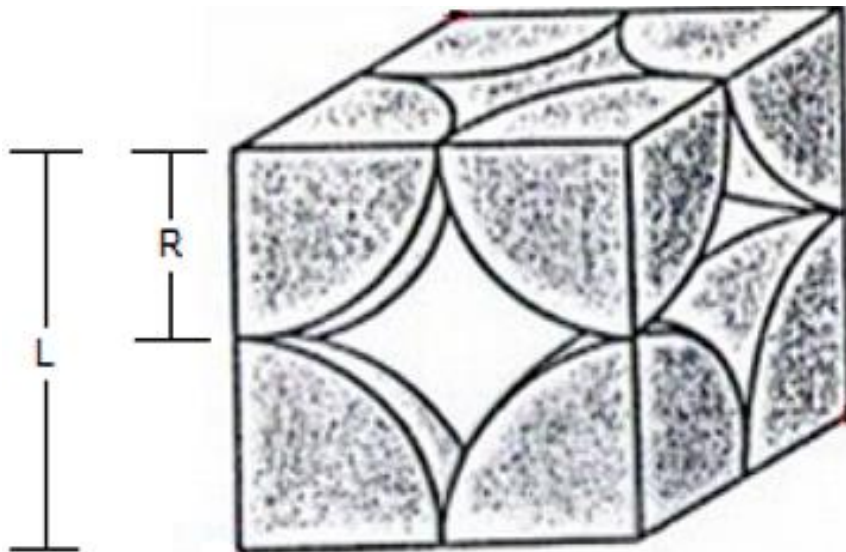


Figura 5: Relação do raio da partícula com o lado do cubo.

Os contatos existentes serão substituídos por pontes cilíndricas como definido anteriormente. O diâmetro da ponte (D_p) será igual a 16% do diâmetro da partícula (D). O comprimento da ponte (H) é determinado pela soma da projeção do triângulo reto formado pelo raio da partícula (R), raio da ponte (R_p) e a projeção do triângulo (P) lustrado na figura 6.

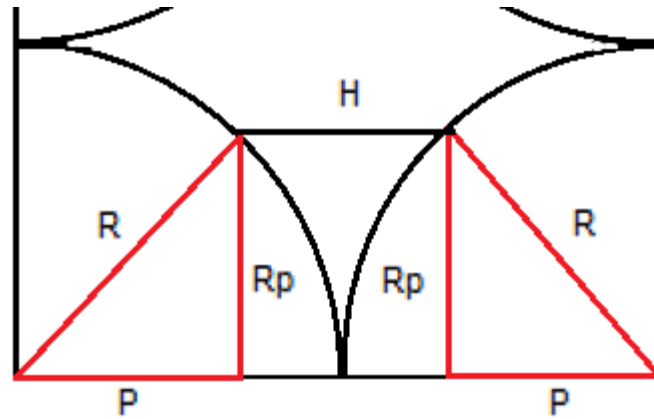


Figura 6: Relações trigonométricas presentes no Cúbico Simples.

Utilizando o teorema de Pitágoras no triângulo reto (figura6) o P é determinado, por consequência o H também é determinado, sabendo-se que L é igual soma do H mais a soma de dois P e isolando H obtemos a equação abaixo.

$$H = L - (2 \cdot P) \quad (1)$$

Com os valores de L , R , R_p e H a célula é construída no Gambit, como mostrado na figura 5.

3.2.2. CÚBICA DE FACE CENTRADA (CFC)

O arranjo CFC as partículas se localizam nos vértices do cubo e no centro de cada lado do cubo (figura 7).

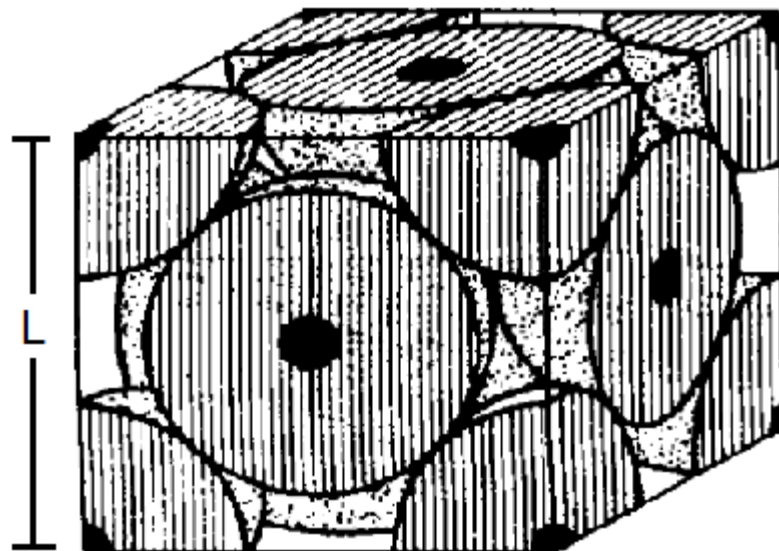


Figura 7: Cúbica de face centrada.

Para a criação da célula é necessário conhecer o L para definir a posição das partículas localizadas no vértice e a que esta posicionada no centro da face. O L do arranjo CFC é determinado pela relação do lado do quadrado com a sua diagonal (Dq), relação escrita na equação 2, esta que é quatro vezes o R, como demonstrado na figura 8. Com o L determinado é conhecido a posição dos caroços.

$$L = Dq / \sqrt{2}$$

(2)

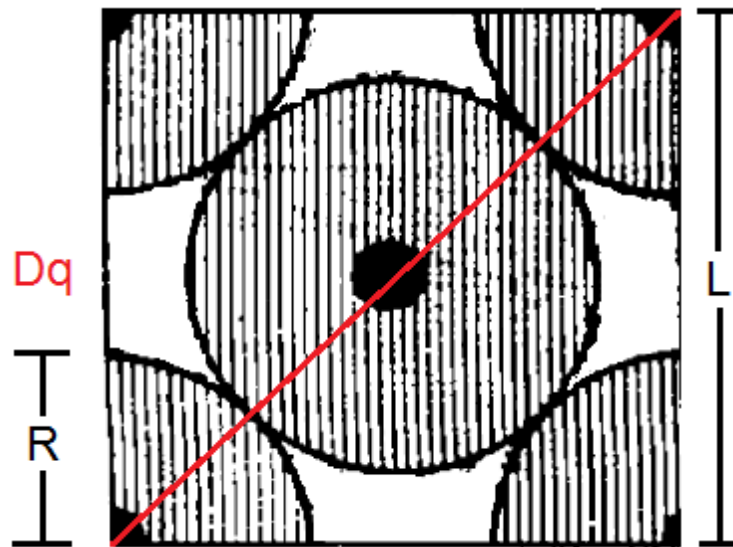


Figura 8: Face do arranjo Cúbica de Face Centrada.

Nos contatos existentes o tratamento de ponte é o adotado, na qual o Dp é determinado da mesma forma que mencionado anteriormente. O H da ponte é calculado usufruindo do conhecimento de que Dp é igual a quatro vezes o R mais duas vezes o H (figura 9).

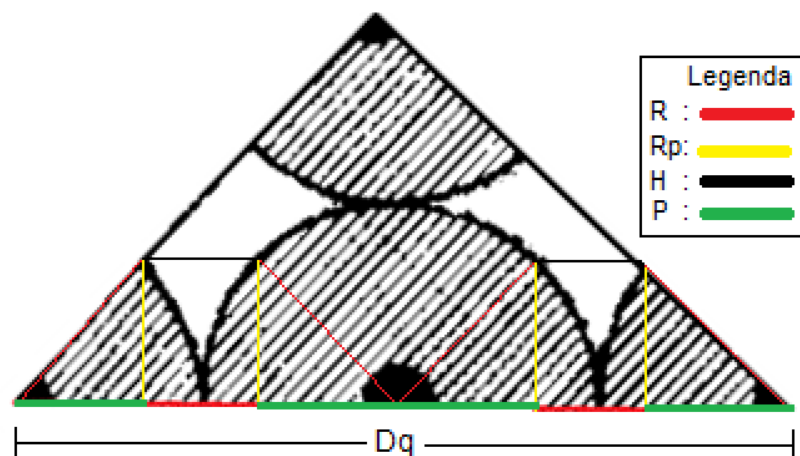


Figura 9: Relações trigonométricas presentes no Cúbica de Face Centrada.

O H fica definido da forma abaixo (Equação 3)

$$H = (Dq - (4 * P)) / 2 \quad (3)$$

Assim o CFC é construído no Gambit utilizando os dados de L, R, Rp e H calculados, conforme a figura 7.

3.2.3. CÚBICA DE CORPO CENTRADO (CCC)

Os caroços estão distribuídos das seguintes formas no CCC, $\frac{1}{4}$ da partícula está localizada em cada um dos vértices e uma inteira no centro do cubo. A aferição do L a partir do R deve ser feita pelo conhecimento de que a diagonal do cubo (Dc) é igual a quatro vezes o R (figura 10).

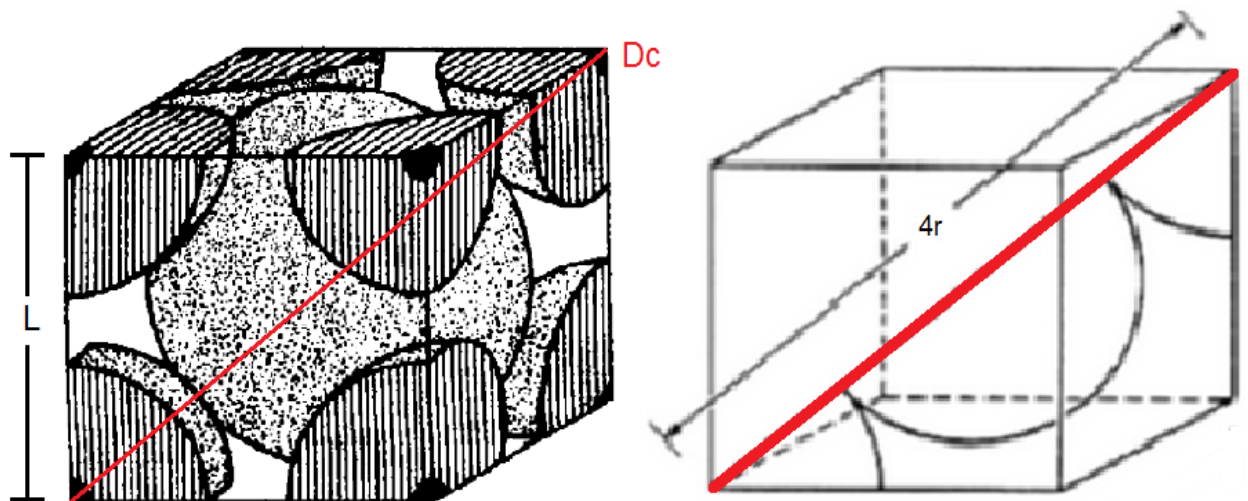


Figura 10: Relações trigonométricas no Cúbica de Corpo Centrado.

O método usado nos contatos são os de pontes cilíndricas aonde a constatação do Dp é feito da mesma forma já mencionada. O H é determinado pela relação que Dc é igual a quatro vezes P mais dois H (figura 11). A equação 4 mostra a formula de H resultante das relações trigonométricas usadas.

$$H = (DC - (4 * P)) / 2 \quad (4)$$

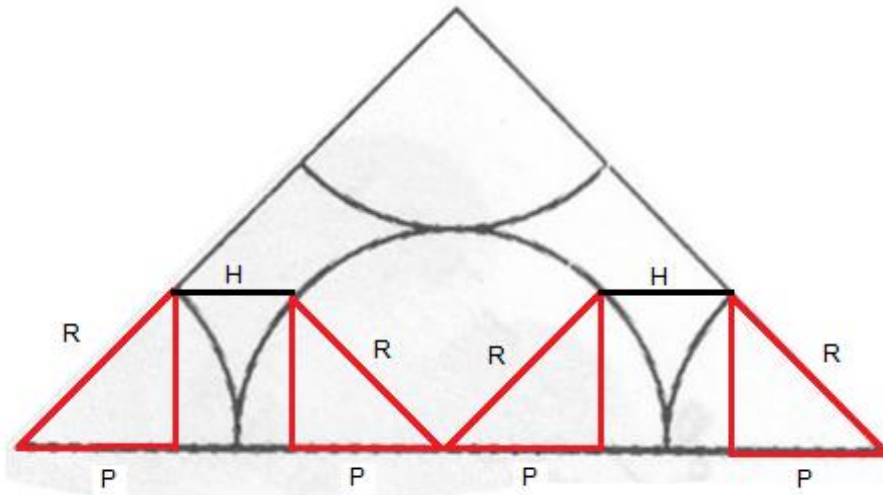


Figura 11: Plano da diagonal com as relações trigonométricas do Cúbica de Corpo Centrado.

Após a obtenção dos valores de L , R , R_p e H e sabendo a posição dos elementos do arranjo cúbico de corpo a geometria é gerada no Gambit conforme a figura 10.

3.3. CONTORNO LATERAL PARA O PRISMA

Na esquematização do leito compactado no formato de prisma é necessária a criação de células que representam as áreas de contorno do leito, já que só existem partículas inteiras. Neste tópico será abordada a criação das geometrias do contorno lateral.

3.3.1. CONTORNO LATERAL DA CÚBICA SIMPLES

O contorno para a cúbica simples possui a forma de um paralelogramo com altura e comprimento igual a L e largura igual a R . Há $\frac{1}{4}$ de partícula localizados nos quatros vértices que se unem a CS (figura 12).

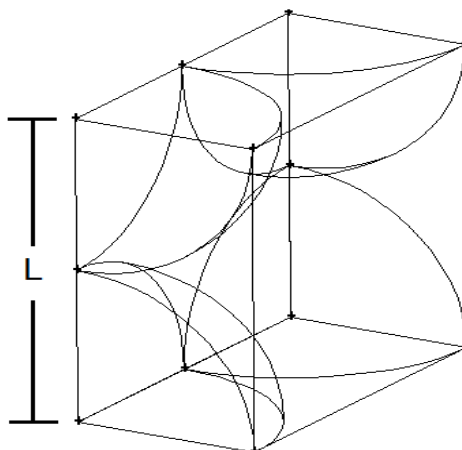


Figura 12: Contorno lateral da cúbica simples.

Aplicando o método escolhido para tratar os pontos de contatos existentes sendo de dois tipos: entre as partículas e delas com a parede do leito, as dimensões das pontes entre elas (H e R_p) são criadas com os dados obtidos na criação da CS. O comprimento da ponte com a parede H_p das ligações com as paredes é calculado quando usamos a relação de que H mais P é igual a R (equação 5) relação esta mostrada na figura 13.

$$R = H_p + P \quad (5)$$

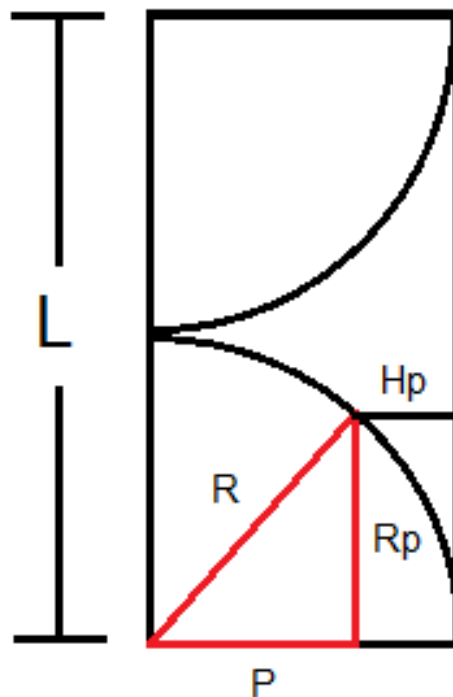


Figura 13: Relação trigonométrica do contorno lateral da cúbica simples.

Os valores de L , R , R_p , H e H_p são conhecidos assim a geometria é criada no Gambit e colocada ao lado das CS localizadas nas extremidades do leito.

3.3.2. CONTORNO LATERAL CÚBICA DE FACE CENTRADA

A geometria de contorno lateral para a cúbica de face centrada possui a mesma distribuição de partículas da CFC, $\frac{1}{4}$ de esfera nos vértices e metade de uma esfera localizada no centro da face (figura 14).

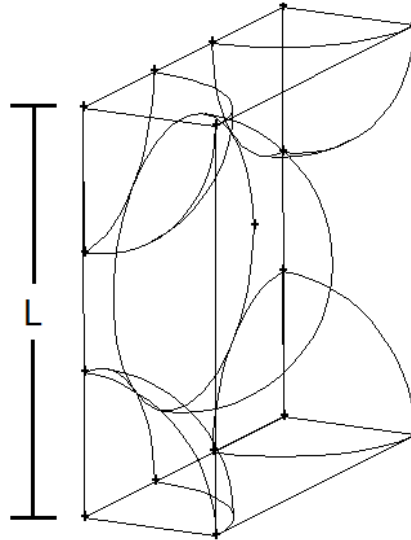


Figura 14: Contorno lateral da cúbica de face centrada.

Os valores de H e R_p são determinados na construção do CFC que serão utilizados neste processo de criação para os contatos existentes entre elas, para os com a parede o H_p é calculado quando igualamos P mais H_p a R (figura 15).

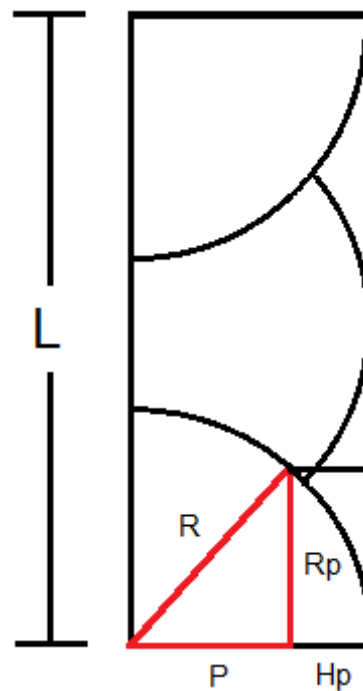


Figura 15: Relação trigonométrica do contorno lateral da cúbica de face centrada.

Os valores de L , R , R_p , H e H_p são valores conhecidos a geometria é criada no Gambit e colocada ao lado das CFC localizadas nas extremidades sendo as mais próximas das paredes internas do gaseificador.

3.3.3. CONTORNO LATERAL DA CÚBICA DE CORPO CENTRADO

A fração que representa as extremidades do material que esta distribuída na forma de cúbica de corpo centrado é constituída de quatros $\frac{1}{4}$ de esferas localizadas nos vértices do cubo (figura 16).

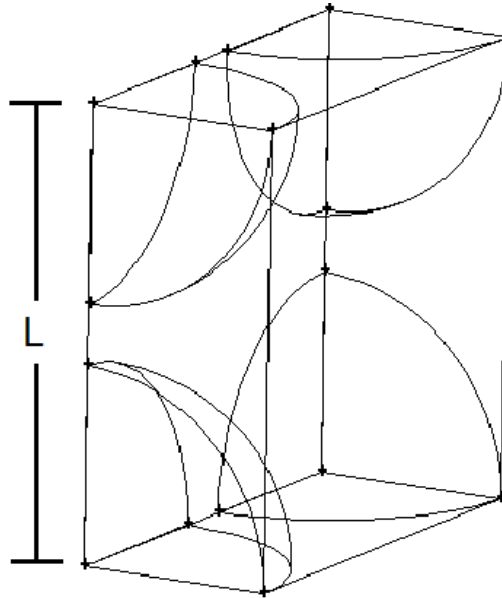


Figura 16: Contorno lateral da cúbica de corpo centrado.

Como a geometria não apresenta contato entre os caroços, só há contato com a parede, o H_p da ponte é determinado sabendo que P mais H_p é igual ao R (figura 17).

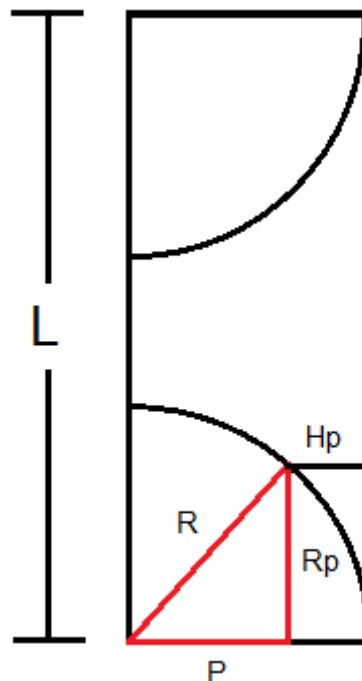


Figura 17: Relação trigonométrica do contorno lateral da cúbica de corpo centrado.

Após os cálculos das variáveis L , R , R_p e H_p o contorno é construído no Gambit e colocado ao lado das CCC localizadas nas extremidades do material de empacotamento.

3.4. ARESTA DO MATERIAL DE EMPACOTAMENTO PARA O PRISMA

A esquematização do leito contém uma geometria que corresponde à aresta do material de empacotamento, porque a forma deste é de um prisma reto quadrangular, definida anteriormente. Nessa seção será abordada a construção desta peça.

3.4.1. ARESTA PARA O ARRANJO DE CÚBICA SIMPLES

O leito na forma de CS possui uma aresta formada por dois $\frac{1}{4}$ de esferas localizadas nos vértices da geometria, para o lado voltado para dentro (figura18).

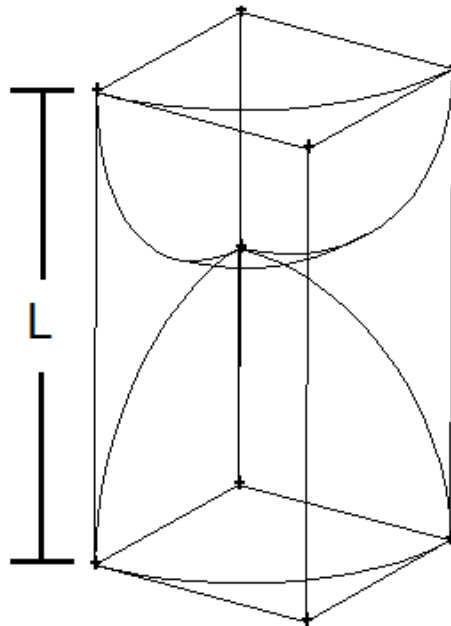


Figura 18: Aresta para distribuição Cúbica Simples.

Existe o contato entre as partículas e entre elas e a parede. As dimensões das pontes que substituirão o contato entre as esferas são feitas da mesma forma quando foi calculado na criação do CS. O comprimento das ligações com as paredes já foi aferido, quando foi desenvolvida a geometria de contorno lateral da cúbica simples. Sabendo-se as posições das partículas e das pontes e suas dimensões (L , R , R_p e H_p) a célula é desenvolvida no Gambit. A localização deste prisma é no comprimento total da aresta do material de empacotamento.

3.4.2. ARESTA PARA O ARRANJO DE CÚBICA DE FACE CENTRADA

O arranjo CFC de um leito possui o prisma, correspondente a aresta deste, formada por dois $\frac{1}{4}$ de carochos localizados nos vértices voltados para o lado interior, espaçados entre eles (figura 19).

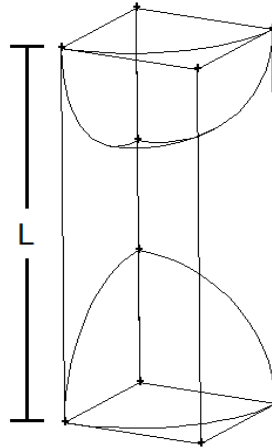


Figura 19: Aresta para distribuição Cúbica de Face Centrada.

As incógnitas L , R , R_p e H_p e das posições dos carochos e as pontes cilíndricas (tratamento dado aos contatos) já foram calculadas anteriormente e serão os valores utilizados na criação desta fração de leito no Gambit. A posição desta fração e na região correspondente a aresta do leito que possui a forma de um prisma reto quadrangular.

3.4.3. ARESTA PARA O ARRANJO DE CÚBICA DE CORPO CENTRADO.

A distribuição CCC dos carochos de açaí tem o pedaço referente à aresta formada por dois $\frac{1}{4}$ de esferas localizadas nos vértices, que estão distantes umas das outras, voltados para o lado interior do material de empacotamento (figura 20).

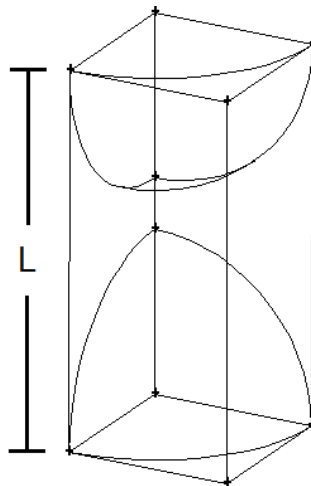


Figura 20: Aresta para distribuição Cúbica de Corpo Centrado.

Os valores de L, R, Rp e Hp para a construção do raio da partícula e da ponte são conhecidos, pois já foram calculados anteriormente e serão aproveitados na criação desta seção de leito no Gambit. Esta seção será alocada na porção correspondente a aresta do material de empacotamento, que tem a forma de um prisma reto quadrangular.

3.5. VÉRTICE DO MATERIAL DE EMPACOTAMENTO PARA O PRISMA

Os vértices do material com o formato de prisma possuem o mesmo formato, independente do arranjo que o leito esteja (podendo ser CS, CFC ou CCC), sempre será um cubo de lado R formado por $\frac{1}{4}$ de esfera localizada no vértice voltado para o lado de dentro do leito (figura 21).

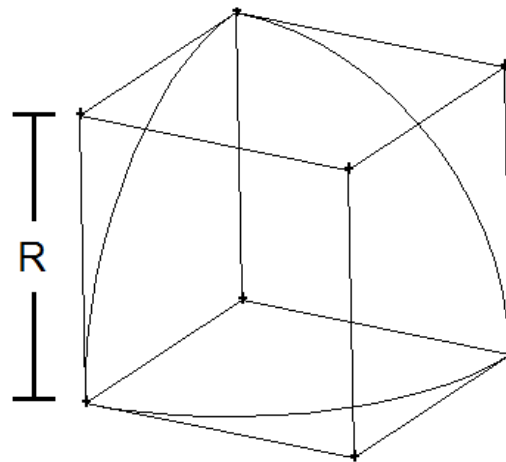


Figura 21: Vértice do leito compactado.

A posição da partícula e o R já são conhecidos, portanto utilizaremos o valor conhecidos deles para criar a geometria no Gambit. Ela será posicionada nos quatro vértices do prisma que representa o material de empacotamento.

4. RESULTADO

O código presente nos Anexos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 foi desenvolvido com base nos conhecimentos e metodologias apresentadas com a finalidade de esquematizar o leito compactado, para um cilindro e prisma reto quadrangular, utilizando as geometrias abordadas anteriormente e levando em consideração os tipos de arranjos em que o material de empacotamento pode se encontra. Os fenômenos de transferência de calor e fluxo de massa ocorrem no espaço entre as partículas, por isso o material que aparece preenchido no Gambit são os espaços vazios e não os caroços.

4.1. PRISMA RETO QUADRANGULAR MATERIAL EMPACOTADO

O material de empacotamento esquematizado no Gambit é ilustrado a seguir para os arranjos CS, CFC e CCC (figura 22).

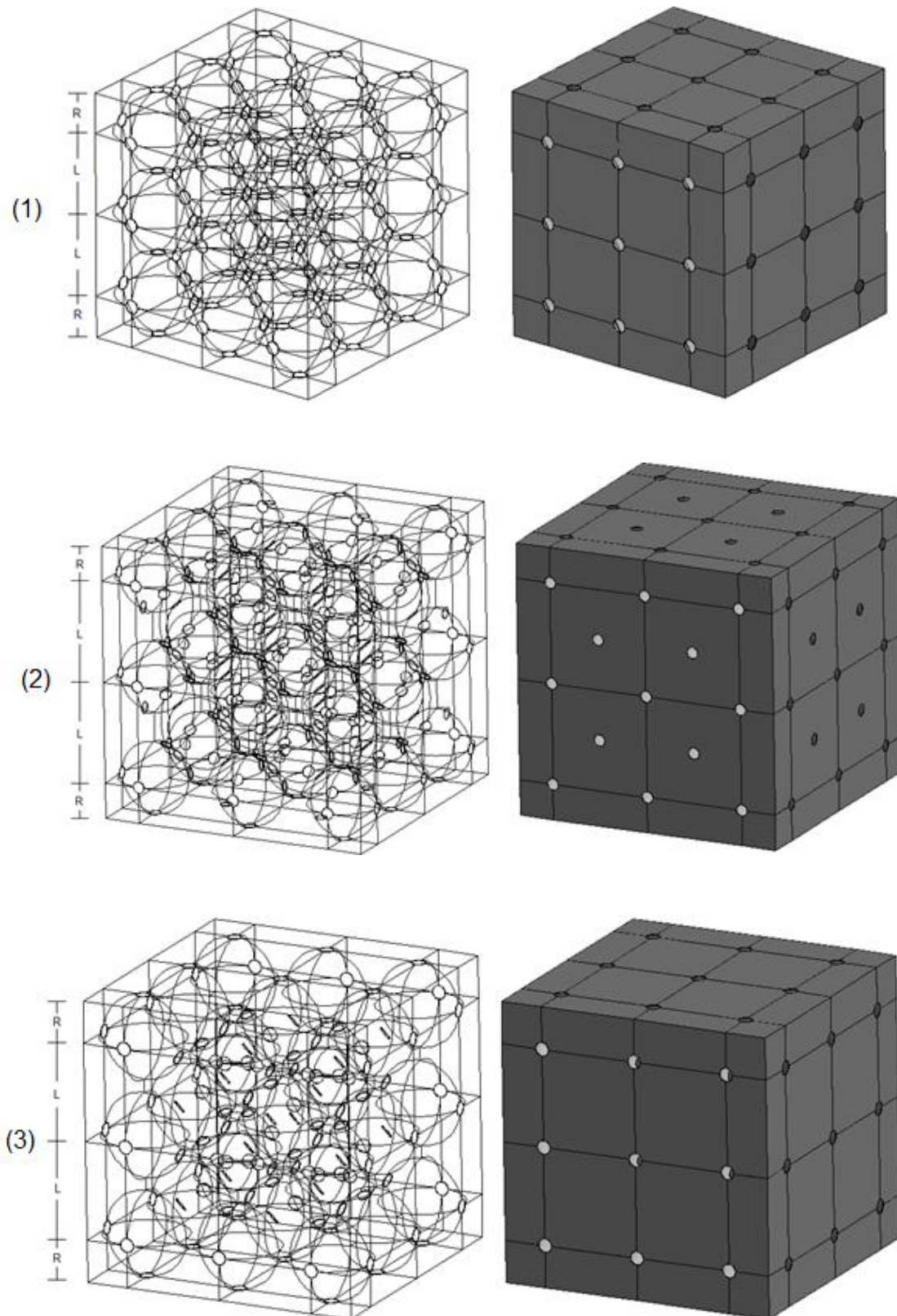


Figura 22: Material empacotado nos arranjos CS (1), CFC (2) e CCC (3).

4.1.1. LEITO COMPACTADO NO GASEIFICADOR

Para a esquematização do leito no gaseificador no Gambit é necessário acrescentar um volume com a mesma largura e comprimento do material de empacotamento, com altura diferente. Eles estão localizados em baixo e em cima do material de empacotamento que representa, respectivamente, o carvão utilizado para fornecer a fonte de calor na gaseificação e o espaço não ocupado pelos caroços de açaí (figura 23). As alturas desses volumes são representadas por altura de entrada (H_e) e de saída (H_s).

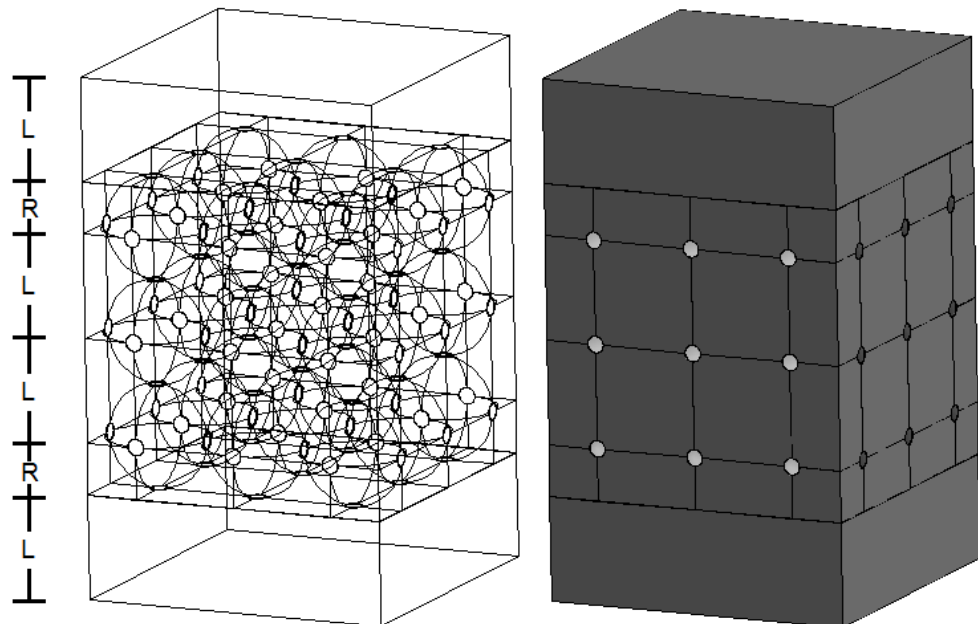


Figura 23: Leito esquematizado do gaseificador com arranjo Cúbica Simples.

A rotina descrita contida no anexo deste trabalho pode gerar leitos de diferentes formatos. Aplicando-o no leito presente dentro do gaseificador descrito no trabalho da Yuu (2011) que possui a forma de um cilindro, mas aproximaremos para um prisma reto quadrangular de lado igual ao diâmetro interno do gasificador que é ilustrado na figura 24. Os caroços de açaí serão substituídos por esfera, como definido antes.

Tabela 3: Dados do reator presente em Yuu (2011).

Fonte: Yuu (2011).

<i>Propriedade</i>	<i>Valor</i>
Diâmetro interno do reator [mm]	150
Altura efetiva do reator [mm]	750
Altura total do reator [mm]	1500
Profundidade de ignição [mm]	60
Diâmetro da partícula [mm]	10,30

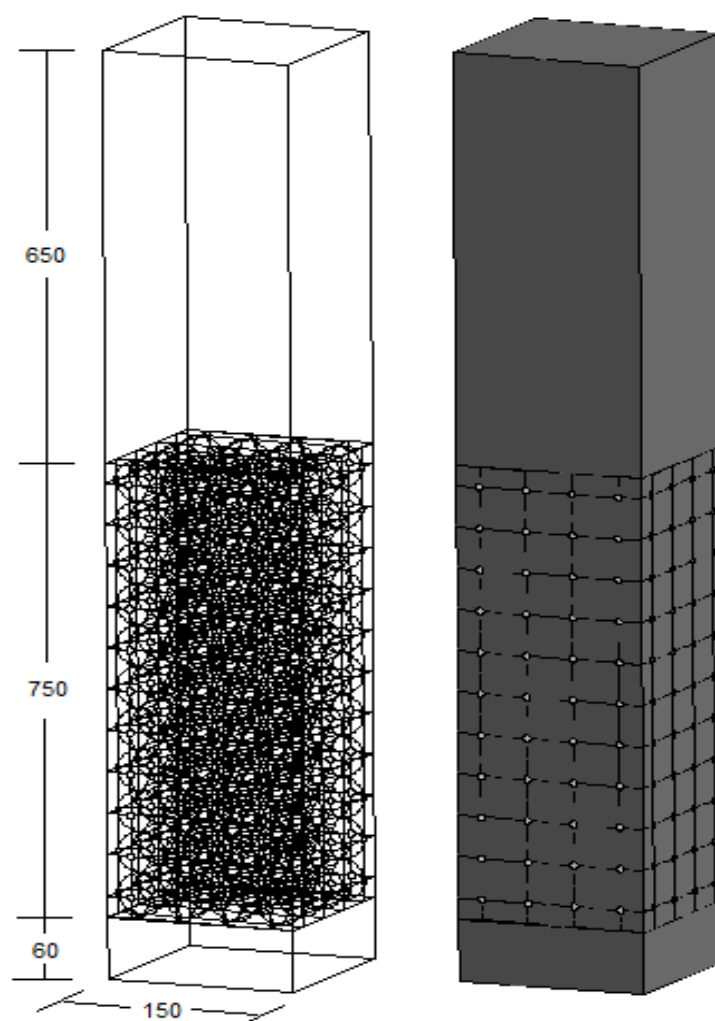


Figura 24: Leito empacotado esquematizado do trabalho da Yuu (2011).

4.2. CILINDRO MATERIAL EMPACOTADO

O gaseificador com o material de empacotamento no formato de cilindro esquematizado no Gambit é ilustrado a seguir com os arranjos CS, CFC e CCC (figura 25).

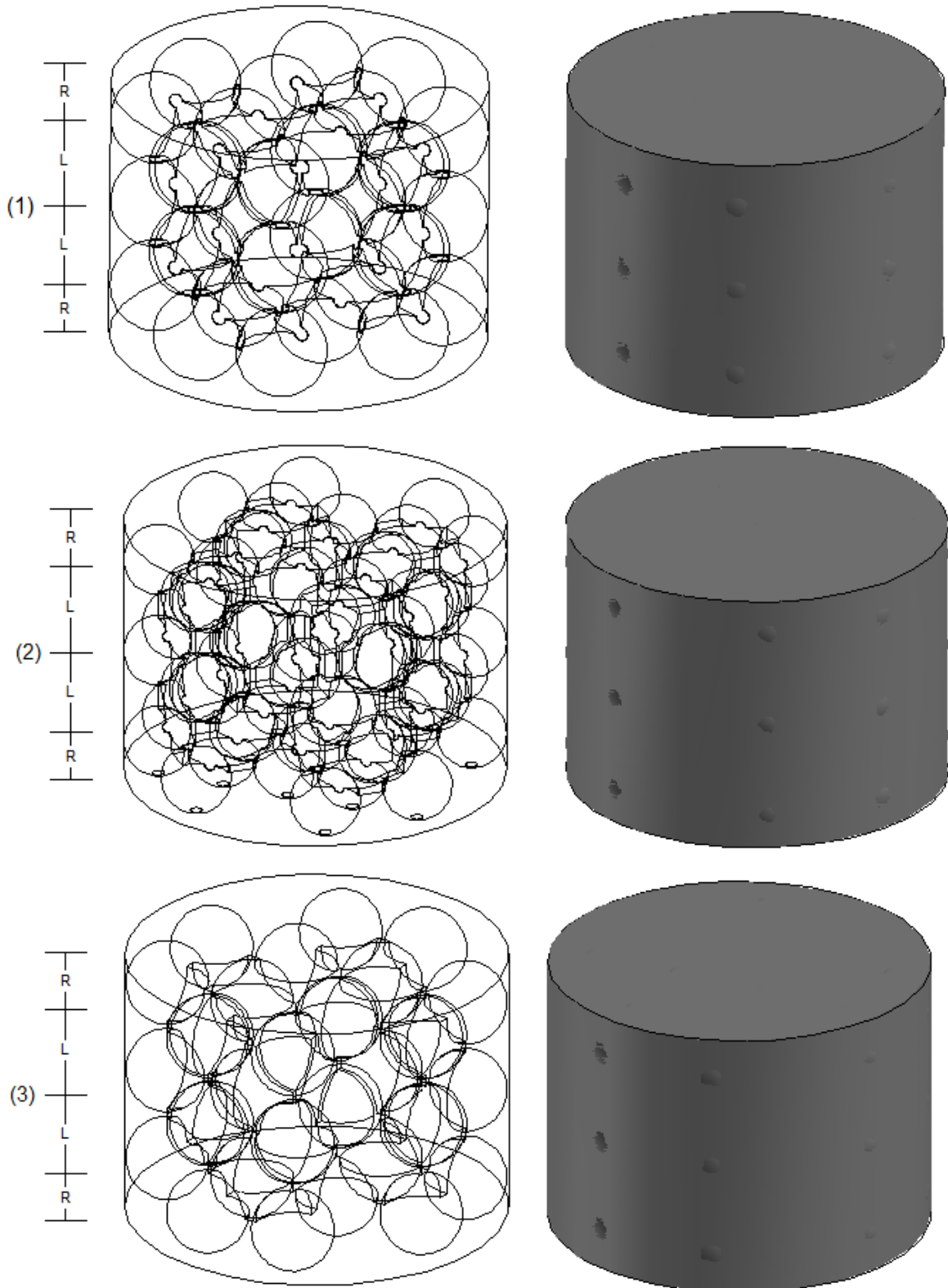


Figura 25: Material empacotado formato cilíndrico nos arranjos CS (1), CFC (2) e CCC (3).

4.2.1. LEITO COMPACTADO NO GASEIFICADOR CILÍNDRICO

A esquematização do leito compactado no gaseificador no Gambit é feito o acréscimo de volumes com o mesmo raio do material de empacotamento, mas com altura diferente. Localizados em baixo e em cima do material que representa, respectivamente, o carvão utilizado para fornecer a fonte de calor na gaseificação e o espaço não ocupado pelos caroços de açaí (figura 26) no cilindro do gaseificador. As alturas destes volumes são representadas pela altura de entrada (H_e) e de saída (H_s).

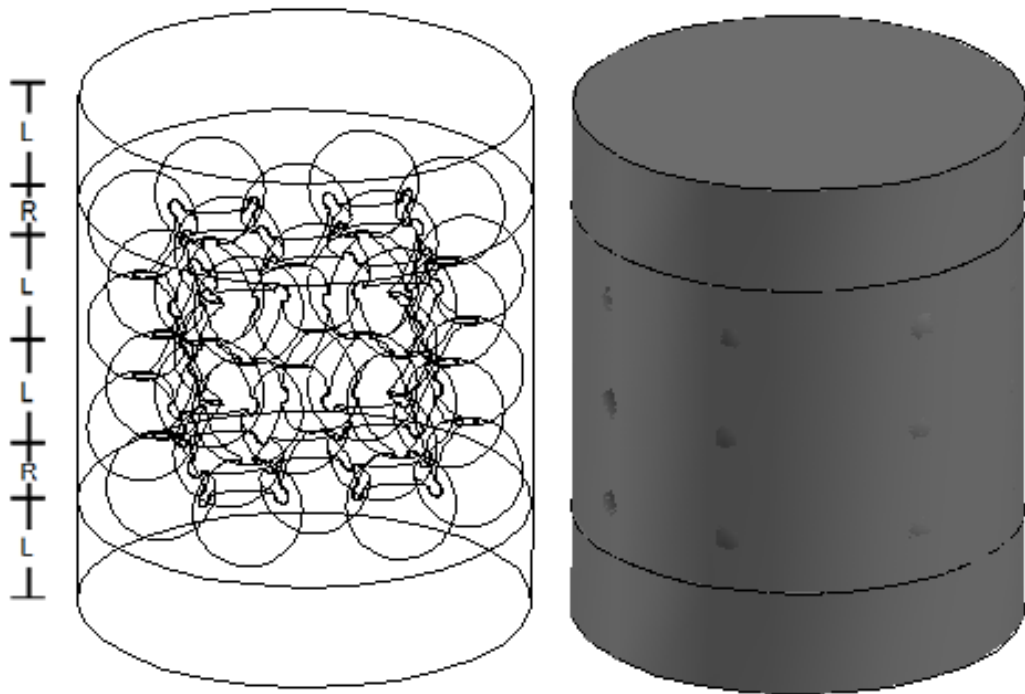


Figura 26: Leito esquematizado do gaseificador cilíndrico com arranjo Cúbica Simples.

A rotina descrita contida no anexo deste trabalho aplicada ao leito presente dentro do gaseificador, descrito no trabalho do Roger (2014), que possui a forma de um cilindro (Figura 27). Os caroços de açaí são substituídos por esfera, como definido antes.

Tabela 4: Dados do reator presente em Roger (2014).
Fonte: Roger (2014).

<i>Propriedade</i>	<i>Valor</i>
Diâmetro interno do reator [mm]	150
Altura efetiva do reator [mm]	525
Altura total do reator [mm]	590
Profundidade de ignição [mm]	32,5
Diâmetro da partícula [mm]	10,30

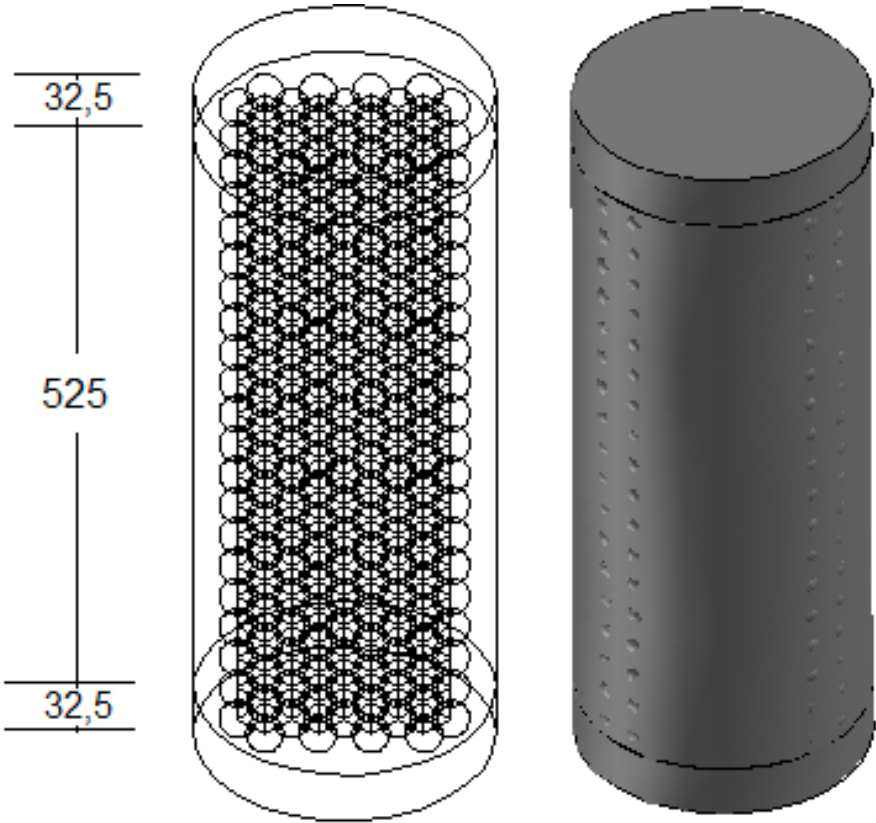


Figura 27: Leito empacotado esquematizado do trabalho do Roger (2014).

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento de uma rotina computacional, na linguagem do software Gambit, para a geração de geometrias e malhas de um leito de caroço de açaí. Foram consideradas diversas formas de empacotamento dos caroços para reatores de seção circular ou retangular.

A rotina computacional apresentada possui grande aplicação, já que pode ser aplicada para as mais diversas configurações de reatores que contenham leitos compactados. A esquematização efetuada leva em consideração o tratamento para os pontos de contato que melhor apresenta dados de simulação quando comparados a dados experimentais, tanto para os fenômenos de transferência de calor, fluxo de massa e queda de pressão.

Por tanto esta rotina torna-se uma importante ferramenta para futuros estudos em leitos compactados que visa prever dados termodinâmicos, averiguar características de escoamento, propriedades macroscópicas do meio e o melhor rendimento para a gaseificação. A perspectiva de desenvolvimento do trabalho é incrementar um código que faça a esquematização dos leitos compactados considerando variação de diâmetros dos caroços de açaí.

Referência Bibliográfica

- Bai, H., Theuerkauf, J., Gillis, P.A., Witt, P.M., 2009. A coupled DEM and CFD simulation of flow field and pressure drop in fixed bed reactor with randomly packed catalyst particles. *Ind. Eng. Chem. Res.* 48, 4060–4074.
- BuS.S., J. Yang, M. Zhou, S.Y. Li, Q.W. Wang, Z.X. Guob. 2014 On contact point modifications for forced convective heat transfer analysis in a structured packed bed of spheres.
- Cruz, R. 2010. Determination of the Pressure Loss Through a Gasifier With Porous Fixed Bed. Universidade Federal do Pará Instituto de Tecnologia.
- Dixon, A.G., Nijemeisland, M., 2001. CFD as a design tool for fixed-bed reactors. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40, 5246–5254.
- Dixon, A.G., Nijemeisland, M., Stitt, E.H., 2013. Systematic mesh development for 3D CFD simulation of fixed beds: contact points study. *Comput. Chem. Eng.* 48, 135–153.
- Eppinger, T., Seidler, K., Kraume, M., 2011. DEM-CFD simulations of fixed bed reactors with small tube to particle diameter ratios. *Chem. Eng. Sci.* 166, 324–331.
- Guardo, A., Coussirat, M., Larrayoz, M.A., Recasens, F., Egusquiza, E., 2004. CFD flow and heat transfer in nonregular packing forms for fixed bed equipment design. *Ind. Eng. Chem. Res.* 43, 7049–7056.
- Guardo, A., Coussirat, M., Recasens, F., Larrayoz, M.A., Escaler, X., 2006. CFD study on particle-to-fluid heat transfer in fixed bed reactors: convective heat transfer at low and high pressure. *Chem. Eng. Sci.* 61, 4341–4353.
- Hastaoglu, M.A. and Berruti, F., "A Gas-solid Reaction Model for Flash Wood Pyrolysis", *Fuel*, Vol. 68 (1989), pp 1408-1415.
- Kuroki, M., Ookawara, S., Street, D., Ogawa, K., 2007. High-fidelity CFD modeling of particle-to-fluid heat transfer in packed bed reactors. In: *Proceedings of European Congress of Chemical Engineering*, Copenhagen.
- Li, H., Qiu, S.Z., Zhang, Y.J., Su, G.H., Tian, W.X., 2012. Thermal hydraulic investigations with different fuel diameters of pebble bed water cooled reactor in CFD simulation. *Ann. Nucl. Energy* 42, 135–147.
- Min-Hwan Kim, Hong-Sik Lim, Won-Jae Lee. 2007. Thermal-Fluid Analysis of the Local Hot Core Region in a Pebble-Bed Reactor
- Nijemeisland, M., Dixon, A.G., 2001. Comparison of CFD simulations to experiment for convective heat transfer in a gas–solid fixed bed. *Chem. Eng. J.* 82, 231–246.

- Nijemeisland, M., Dixon, A.G., 2004. CFD study of fluid flow and wall heat transfer in a fixed bed of spheres. *AIChE J.* 50, 906–921.
- Ookawara, S., Kuroki, M., Street, D., Ogawa, K., 2007. High-fidelity DEM-CFD modeling of packed bed reactors for process intensification. In: *Proceedings of European Congress of Chemical Engineering*, Copenhagen.
- Roger B. Cruz. 2014. Determinação de formulação semi-empírica para perda de carga em escoamento em leito fixo poroso composto por biomassa amazônica.
- Shams, A., Roelofs, F., Komen, E.M.J., Baglietto, E., 2012. Optimization of a pebble bed configuration for quasi-direct numerical simulation. *Nucl. Eng. Des.* 242, 331–340.
- Shams, A., Roelofs, F., Komen, E.M.J., Baglietto, E., 2013a. Quasi-direct numerical simulation of a pebble bed configuration, part I: flow (velocity) field analysis. *Nucl. Eng. Des.* 263, 473–489.
- Shams, A., Roelofs, F., Komen, E.M.J., Baglietto, E., 2013b. Quasi-direct numerical simulation of a pebble bed configuration, part II: temperature field analysis. *Nucl. Eng. Des.* 263, 490–499.
- van Antwerpen, W., Rousseau, P.G., du Toit, C.G., 2012. Multi-sphere unit cell model to calculate the effective thermal conductivity in packed pebble beds of mono-sized spheres. *Nucl. Eng. Des.* 247, 183–201.
- Yang, J., Wang, J., Bu, S.S., Zeng, M., Wang, Q.W., Nakayama, A., 2012. Experimental analysis of forced convective heat transfer in novel structured packed beds of particles. *Chem. Eng. Sci.* 71, 126–137.
- Yuu. 2011. Simulação Numérica da Gaseificação de Biomassa em leito Fixo. Universidade Federal do Pará Instituto de Tecnologia.

Anexo 1 - Código Arranjo Cúbica Simples Prisma

/Diametro da caroço (centímetro)

\$D=1.03

\$R=\$D/2

\$L=\$D

\$DP=\$D*0.16

\$RP=\$DP/2

\$P=sqrt((\$R^2)-(\$RP^2))

\$H=\$L-(2*\$P)

\$CG=15

\$LG=15

\$HG=75

\$EX=(\$CG/\$L)-1

\$EZ=(\$LG/\$L)-1

\$EY=(\$HG/\$L)-1

\$HE=6

\$HS=69

volume create "CS_1" width \$L brick

coordinate create "CENTRO_ACAI_1" cartesian vertices "vertex.1" "vertex.2" \
"vertex.3"

volume create "ACAI_1" radius \$R sphere

coordinate create "CENTRO_ACAI_2" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

\$L 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_3" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

0 \$L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_4" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_2" offset \

0 \$L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_5" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_6" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_2" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_7" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_3" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_8" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_4" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate activate "CENTRO_ACAI_2"

volume create "ACAI_2" radius \$R sphere

coordinate activate "CENTRO_ACAI_3"

```

volume create "ACAI_3" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_4"
volume create "ACAI_4" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_5"
volume create "ACAI_5" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_6"
volume create "ACAI_6" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_7"
volume create "ACAI_7" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_8"
volume create "ACAI_8" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_PONTE_5_6" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
    -$R $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_7_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
    $R $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_6_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
    0 $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_5_7" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -$R 0 $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_2_6" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
    -$R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_4_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
    $R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_2_4" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
    0 -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_3_4" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
    $R -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
    -$R -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_3" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -$R 0 -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_3_7" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -$R $R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_5" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -$R -$R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_6"
volume create "CONTATO_5_6" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum

```

```

coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_8"
volume create "CONTATO_7_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_8"
volume create "CONTATO_6_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_7"
volume create "CONTATO_5_7" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_6"
volume create "CONTATO_2_6" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_8"
volume create "CONTATO_4_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_4"
volume create "CONTATO_2_4" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_4"
volume create "CONTATO_3_4" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_2"
volume create "CONTATO_1_2" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_3"
volume create "CONTATO_1_3" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_7"
volume create "CONTATO_3_7" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_5"
volume create "CONTATO_1_5" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
volume subtract "CS_1" volumes "ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" "ACAI_4"
"ACAI_5" \
"ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6" "CONTATO_7_8"
"CONTATO_6_8" \
"CONTATO_5_7" "CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8" "CONTATO_2_4"
"CONTATO_3_4" \
"CONTATO_1_2" "CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7" "CONTATO_1_5"

$i=0
$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_1" multiple 1 offset
($L*$i) ($L*$j) ($L*$k)

```

```

                                enddo
                        enddo
                enddo

volume delete "volume.2" lowertopology

/Contorno

$H=$R-$P
$HCP=2*$H
$HCA=$L-(2*$P)

volume create "CS_CONTORNO_MEIO" width $R depth $L height $L brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_9" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
        ($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_10" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
        ($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_11" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
        -($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_12" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
        -($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_9_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
        ($R/2) ($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_10_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
        ($R/2) ($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_11_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
        ($R/2) -($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_12_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
        ($R/2) -($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_9_10" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
        -($R/2) ($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_10_11" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
        -($R/2) 0 -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation

```

```

coordinate create "CENTRO_PONTE_11_12" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) -($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_12_9" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) 0 ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_9_10" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) ($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_10_11" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) 0 -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_11_12" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) -($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_12_9" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) 0 ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_9"
volume create "ACAI_9" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_10"
volume create "ACAI_10" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_11"
volume create "ACAI_11" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_12"
volume create "ACAI_12" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_PONTE_9_P"
volume create "CONTATO_9_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_10_P"
volume create "CONTATO_10_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_11_P"
volume create "CONTATO_11_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_12_P"
volume create "CONTATO_12_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_9_10"
volume create "CONTATO_9_10" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_10_11"
volume create "CONTATO_10_11" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum

```

```

coordinate activate "CENTRO_PONTE_11_12"
volume create "CONTATO_11_12" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_12_9"
volume create "CONTATO_12_9" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
volume subtract "CS_CONTORNO_MEIO" volumes "ACAI_9" "ACAI_10"
"ACAI_11" \
"ACAI_12" "CONTATO_9_P" "CONTATO_10_P" "CONTATO_11_P"
"CONTATO_12_P" \
"CONTATO_9_10" "CONTATO_10_11" "CONTATO_11_12"
"CONTATO_12_9"

```

```

$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_CONTORNO_MEIO" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) ($L*$k)
enddo
enddo

```

```

volume move "CS_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
$j=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_CONTORNO_MEIO" multiple 1 offset
($L*$i) ($L*$j) -((($L/2)+($R/2))
enddo
enddo

```

```

volume move "CS_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_CONTORNO_MEIO" multiple 1 offset
-((($L/2)+($R/2)) ($L*$j) ($L*$k)
enddo
enddo

```

```

volume move "CS_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
$j=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_CONTORNO_MEIO" multiple 1
offset ($L*$i) ($L*$j) ((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1)))
    enddo
enddo

volume move "CS_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
        coordinate activate "c_sys.1"
        volume cmove "CS_CONTORNO_MEIO" multiple
1 offset ($L*$i) -(($L/2)+($R/2)) ($L*$k)
    enddo
enddo

volume move "CS_CONTORNO_MEIO" dangle 180 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
        coordinate activate "c_sys.1"
        volume cmove "CS_CONTORNO_MEIO" multiple
1 offset ($L*$i) ((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) ($L*$k)
    enddo
enddo

volume delete "CS_CONTORNO_MEIO" lowertopology

/Aresta

$H=$R-$P
$HCP=2*$H
$HCA=$L-(2*$P)

volume create "CS_ARESTA" width $R depth $L height $R brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_13" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    ($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_14" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \

```

```

      -($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
      coordinate create "CENTRO_PONTE_13_14" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
      -($R/2) 0 -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
      coordinate create "CENTRO_PONTE_13_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
      ($R/2) ($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
      coordinate create "CENTRO_PONTE_14_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
      ($R/2) -($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
      coordinate create "CENTRO_PONTE_13_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
      -($R/2) ($L/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
      coordinate create "CENTRO_PONTE_14_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
      -($R/2) -($L/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
      coordinate activate "CENTRO_ACAI_13"
      volume create "ACAI_13" radius $R sphere
      coordinate activate "CENTRO_ACAI_14"
      volume create "ACAI_14" radius $R sphere
      coordinate activate "CENTRO_PONTE_13_P"
      volume create "CONTATO_13_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
      coordinate activate "CENTRO_PONTE_14_P"
      volume create "CONTATO_14_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
      coordinate activate "CENTRO_PONTE_13_P_2"
      volume create "CONTATO_13_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
      coordinate activate "CENTRO_PONTE_14_P_2"
      volume create "CONTATO_14_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
      coordinate activate "CENTRO_PONTE_13_14"
      volume create "CONTATO_13_14" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
      volume subtract "CS_ARESTA" volumes "ACAI_13" "ACAI_14"
"CONTATO_13_P" \
      "CONTATO_14_P" "CONTATO_13_P_2" "CONTATO_14_P_2"
"CONTATO_13_14"

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
      coordinate activate "c_sys.1"
      volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset
      (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

```



```

enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) -((($L/2)+($R/2))
enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2))
    ($L*$j) -((($L/2)+($R/2))
enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2))
    ($L*$j) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1)))
enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2)) -
    ((($L/2)+($R/2)) ($L*$k)
enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) -((($L/2)+($R/2)) ($L*$k)
enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

$k=0

```

```

do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) ($L*$k)
    enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2))
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) ($L*$k)
    enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i)
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1)))
    enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i) -
((($L/2)+($R/2)) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1)))
    enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i) -
((($L/2)+($R/2)) -((($L/2)+($R/2))
    enddo

volume move "CS_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CS_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i)
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) -((($L/2)+($R/2))
    enddo

```

```

volume delete "CS_ARESTA" lowertopology

/VERTICE

$H=$R-$P
$HCP=2*$H

volume create "CS_VERTICE" width $R brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_15" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
-($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) ($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) -($R/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_P_3" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
($R/2) -($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_15"
volume create "ACAI_15" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_P"
volume create "CONTATO_15_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_P_2"
volume create "CONTATO_15_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_P_3"
volume create "CONTATO_15_P_3" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
volume subtract "CS_VERTICE" volumes "ACAI_15" "CONTATO_15_P" \
"CONTATO_15_P_2" "CONTATO_15_P_3"

coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

volume move "CS_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) -((($L/2)+($R/2)))

volume move "CS_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2)))
((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) -((($L/2)+($R/2)))

```

```

volume move "CS_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset -((L/2)+(R/2))
(((L/2)+(R/2))+(L*(j-1))) (((L/2)+(R/2))+(L*(k-1)))

```

```

volume move "CS_VERTICE" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset -((L/2)+(R/2)) -
((L/2)+(R/2)) (((L/2)+(R/2))+(L*(k-1)))

```

```

volume move "CS_VERTICE" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset -((L/2)+(R/2)) -
((L/2)+(R/2)) -((L/2)+(R/2))

```

```

volume move "CS_VERTICE" dangle 270 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset (((L/2)+(R/2))+(L*(i-1))) -
((L/2)+(R/2)) -((L/2)+(R/2))

```

```

volume move "CS_VERTICE" dangle 270 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CS_VERTICE" multiple 1 offset (((L/2)+(R/2))+(L*(i-1))) -
((L/2)+(R/2)) (((L/2)+(R/2))+(L*(k-1)))

```

```

volume delete "CS_VERTICE" lowertopology

```

/Entrada

```

volume create "CS_ENTRADA" width ((i*L)+D) depth $HE height
((k*L)+D) offset (((i*L)+D)/2) -($HE/2) (((k*L)+D)/2) brick
volume move "CS_ENTRADA" offset -((L/2)+R) -((L/2)+R) -((L/2)+R)

```

/Saída

```

volume create "CS_SAIDA" width ((i*L)+D) depth $HS height ((k*L)+D)
offset (((i*L)+D)/2) ($HS/2) (((k*L)+D)/2) brick
volume move "CS_SAIDA" offset -((L/2)+R) ((L*(j-1))+(L/2)+R) -
((L/2)+R)

```

Anexo 2 - Código Arranjo Cúbica de Face Centrada Prisma

```

/Diametro da caroço (centímetro)
$D=1.03
$R=$D/2
$DQ=4*$R
$L=$DQ/(sqrt(2))
$DP=$D*0.16
$RP=$DP/2

$X=$R*sin(45)
$Y=$R*cos(45)

$P=sqrt(($R^2)-($RP^2))
$H=($DQ-(4*$P))/2

$CG=15
$LG=15
$HG=75

$EX=($CG/$L)-1
$EZ=($LG/$L)-1
$EY=($HG/$L)-1

$HE=6
$HS=69

volume create "CFC_1" width $L brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_1" cartesian vertices "vertex.1" "vertex.2" \
"vertex.3"
volume create "ACAI_1" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_ACAI_2" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    $L 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_3" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    0 $L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_4" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_2" offset 0 \
    $L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_5" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_6" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_2" offset 0 \
    0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

```

```

coordinate create "CENTRO_ACAI_7" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_3" offset \
  0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_8" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_4" offset \
  0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_9" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset
($L/2) \
  0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_10" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset \
-($L/2) 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_11" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
\
  ($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_12" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
\
-($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_13" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
0 \
  ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_14" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
0 \
-($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_2"
volume create "ACAI_2" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_3"
volume create "ACAI_3" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_4"
volume create "ACAI_4" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_5"
volume create "ACAI_5" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_6"
volume create "ACAI_6" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_7"
volume create "ACAI_7" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_8"
volume create "ACAI_8" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_9"
volume create "ACAI_9" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_10"
volume create "ACAI_10" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_11"
volume create "ACAI_11" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_12"
volume create "ACAI_12" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_13"
volume create "ACAI_13" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_14"
volume create "ACAI_14" radius $R sphere

```

```

coordinate create "CENTRO_PONTE_5_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \
offset -$X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 45
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_6_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \
offset $X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 135
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_7_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \
offset -$X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -45
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_8_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \
offset $X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -135
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_6_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
offset 0 -$Y $X axis1 "x" angle1 -45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_8_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
offset 0 $Y $X axis1 "x" angle1 -135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_4_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
offset 0 $Y -$X axis1 "x" angle1 135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_2_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
offset 0 -$Y -$X axis1 "x" angle1 45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_4_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
offset $X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -135
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_3_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
offset -$X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -45
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
offset -$X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 45
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_2_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
offset $X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 135
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_7_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \

```

```

        offset 0 $Y $X axis1 "x" angle1 -135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_5_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \
        offset 0 -$Y $X axis1 "x" angle1 -45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_1_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \
        offset 0 -$Y -$X axis1 "x" angle1 45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_3_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \
        offset 0 $Y -$X axis1 "x" angle1 135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_8_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
        offset $X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_7_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
        offset -$X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_3_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
        offset -$X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_4_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
        offset $X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_5_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
        offset -$X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_6_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
        offset $X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_2_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
        offset $X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate create "CENTRO_PONTE_1_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
        offset -$X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 0
rotation
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_13"
volume create "CONTATO_5_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_13"

```



```

        volume create "CONTATO_6_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_13"
        volume create "CONTATO_7_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_8_13"
        volume create "CONTATO_8_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_9"
        volume create "CONTATO_6_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_8_9"
        volume create "CONTATO_8_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_9"
        volume create "CONTATO_4_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_9"
        volume create "CONTATO_2_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_14"
        volume create "CONTATO_4_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_14"
        volume create "CONTATO_3_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_14"
        volume create "CONTATO_1_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_14"
        volume create "CONTATO_2_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_10"
        volume create "CONTATO_7_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_10"
        volume create "CONTATO_5_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_10"
        volume create "CONTATO_1_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_10"
        volume create "CONTATO_3_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_8_11"
        volume create "CONTATO_8_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_11"
        volume create "CONTATO_7_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum

```

```

coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_11"
volume create "CONTATO_3_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP axis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_11"
volume create "CONTATO_4_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP axis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_12"
volume create "CONTATO_5_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP axis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_12"
volume create "CONTATO_6_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP axis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_12"
volume create "CONTATO_2_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP axis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_12"
volume create "CONTATO_1_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP axis
frustum
volume subtract "CFC_1" volumes "ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" "ACAI_4"
"ACAI_5" \
"ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9" "ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12"
"ACAI_13" \
"ACAI_14" "CONTATO_5_13" "CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13"
"CONTATO_8_13" \
"CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9" "CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9"
"CONTATO_4_14" \
"CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14" "CONTATO_2_14"
"CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
"CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10" "CONTATO_8_11"
"CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
"CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12" "CONTATO_6_12"
"CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12"

$i=0
$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_1" multiple 1 offset
($L*$i) ($L*$j) ($L*$k)
enddo
enddo
enddo

volume delete "volume.2" lowertopology

/Contorno

```

```

$H=$R-$P
$HCP=2*$H
$HCA=($DQ-(4*$P))/2

```

```

volume create "CFC_CONTORNO_MEIO" width $R depth $L height $L brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_15" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_16" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    ($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_17" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    -($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_18" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    -($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_19" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    ($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_16" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_15" \
    offset 0 -$Y $X axis1 "x" angle1 -45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_17" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_15" \
    offset 0 $Y $X axis1 "x" angle1 -135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_18" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_15" \
    offset 0 $Y -$X axis1 "x" angle1 135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_19" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_15" \
    offset 0 -$Y -$X axis1 "x" angle1 45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset ($R/2) \
    0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_16_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset ($R/2) \
    ($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_17_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset ($R/2) \
    -($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_18_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset ($R/2) \
    -($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_19_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset ($R/2) \

```

```

($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_15"
volume create "ACAI_15" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_16"
volume create "ACAI_16" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_17"
volume create "ACAI_17" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_18"
volume create "ACAI_18" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_19"
volume create "ACAI_19" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_16"
volume create "CONTATO_15_16" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_17"
volume create "CONTATO_15_17" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_18"
volume create "CONTATO_15_18" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_19"
volume create "CONTATO_15_19" height $HCA radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_P"
volume create "CONTATO_15_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_16_P"
volume create "CONTATO_16_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_17_P"
volume create "CONTATO_17_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_18_P"
volume create "CONTATO_18_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_19_P"
volume create "CONTATO_19_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
volume subtract "CFC_CONTORNO_MEIO" volumes "ACAI_15" "ACAI_16"
"ACAI_17" \
"ACAI_18" "ACAI_19" "CONTATO_15_16" "CONTATO_15_17"
"CONTATO_15_18" \
"CONTATO_15_19" "CONTATO_15_P" "CONTATO_16_P"
"CONTATO_17_P" "CONTATO_18_P" \
"CONTATO_19_P"

$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)

```

```

coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_CONTORNO_MEIO" multiple 1
offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) ($L*$k)
enddo
enddo

```

```

volume move "CFC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
$j=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_CONTORNO_MEIO" multiple 1
offset ($L*$i) ($L*$j) -(($L/2)+($R/2))
enddo
enddo

```

```

volume move "CFC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_CONTORNO_MEIO" multiple 1
offset -(($L/2)+($R/2)) ($L*$j) ($L*$k)
enddo
enddo

```

```

volume move "CFC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
$j=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_CONTORNO_MEIO" multiple
1 offset ($L*$i) ($L*$j) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1)))
enddo
enddo

```

```

volume move "CFC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"

```

```

                                volume cmove "CFC_CONTORNO_MEIO"
multiple 1 offset ($L*$i) -((($L/2)+($R/2)) ($L*$k)

                                enddo
                        enddo

volume move "CFC_CONTORNO_MEIO" dangle 180 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
        coordinate activate "c_sys.1"
                                volume cmove "CFC_CONTORNO_MEIO"
multiple 1 offset ($L*$i) (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) ($L*$k)

                                enddo
                        enddo

volume delete "CFC_CONTORNO_MEIO" lowertopology

/Aresta

$H=$R-$P
$HCP=2*$H

volume create "CFC_ARESTA" width $R depth $L height $R brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_20" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    ($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_21" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    -($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_20_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    ($R/2) ($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_20_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -($R/2) ($L/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_21_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    ($R/2) -($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_21_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -($R/2) -($L/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_20"

```

```

    volume create "ACAI_20" radius $R sphere
    coordinate activate "CENTRO_ACAI_21"
    volume create "ACAI_21" radius $R sphere
    coordinate activate "CENTRO_PONTE_20_P"
    volume create "CONTATO_20_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
    coordinate activate "CENTRO_PONTE_20_P_2"
    volume create "CONTATO_20_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
    coordinate activate "CENTRO_PONTE_21_P"
    volume create "CONTATO_21_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
    coordinate activate "CENTRO_PONTE_21_P_2"
    volume create "CONTATO_21_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
    volume subtract "CFC_ARESTA" volumes "ACAI_20" "ACAI_21"
"CONTATO_20_P" \
    "CONTATO_20_P_2" "CONTATO_21_P" "CONTATO_21_P_2"

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))
enddo

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) -((($L/2)+($R/2)))
enddo

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2))
($L*$j) -((($L/2)+($R/2)))
enddo

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"

```

```

                                volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset -(($L/2)+($R/2))
($L*$j) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))
                                enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset -(($L/2)+($R/2))
-((($L/2)+($R/2)) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) -((($L/2)+($R/2)) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset -(($L/2)+($R/2))
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i)
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1)))
    enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```



```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i) -
((($L/2)+($R/2)) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))
    enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i) -
((($L/2)+($R/2)) -((($L/2)+($R/2))
    enddo

```

```

volume move "CFC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CFC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i)
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) -((($L/2)+($R/2))
    enddo

```

```

volume delete "CFC_ARESTA" lowertopology

```

```

/VERTICE

```

```

$H=$R-$P
$HCP=2*$H

```

```

volume create "CFC_VERTICE" width $R brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_22" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
-($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_22_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) ($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_22_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
-($R/2) -($R/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_22_P_3" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
($R/2) -($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation

```

```

coordinate activate "CENTRO_ACAI_22"
volume create "ACAI_22" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_PONTE_22_P"
volume create "CONTATO_22_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_22_P_2"
volume create "CONTATO_22_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_22_P_3"
volume create "CONTATO_22_P_3" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
volume subtract "CFC_VERTICE" volumes "ACAI_22" "CONTATO_22_P" \
"CONTATO_22_P_2" "CONTATO_22_P_3"

coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset ((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

volume move "CFC_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) -((($L/2)+($R/2)))

volume move "CFC_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2)))
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) -((($L/2)+($R/2)))

volume move "CFC_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2)))
(((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

volume move "CFC_VERTICE" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2))) -
((($L/2)+($R/2))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

volume move "CFC_VERTICE" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset -((($L/2)+($R/2))) -
((($L/2)+($R/2))) -((($L/2)+($R/2)))

volume move "CFC_VERTICE" dangle 270 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
-((($L/2)+($R/2))) -((($L/2)+($R/2)))

volume move "CFC_VERTICE" dangle 270 vector 0 1 0 origin 0 0 0
volume cmove "CFC_VERTICE" multiple 1 offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
-((($L/2)+($R/2))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

volume delete "CFC_VERTICE" lowertopology

/Entrada

```

```

    volume create "CFC_ENTRADA" width (( $i \cdot L$ )+ $D$ ) depth  $H_E$  height
    (( $k \cdot L$ )+ $D$ ) offset ((( $i \cdot L$ )+ $D$ )/2) -( $H_E$ /2) ((( $k \cdot L$ )+ $D$ )/2) brick
    volume move "CFC_ENTRADA" offset -(( $L$ /2)+ $R$ ) -(( $L$ /2)+ $R$ ) -(( $L$ /2)+ $R$ )

```

/Saída

```

    volume create "CFC_SAIDA" width (( $i \cdot L$ )+ $D$ ) depth  $H_S$  height
    (( $k \cdot L$ )+ $D$ ) offset ((( $i \cdot L$ )+ $D$ )/2) ( $H_S$ /2) ((( $k \cdot L$ )+ $D$ )/2) brick
    volume move "CFC_SAIDA" offset -(( $L$ /2)+ $R$ ) (( $L \cdot (j-1)$ )+( $L$ /2)+ $R$ ) -
    (( $L$ /2)+ $R$ )

```

Anexo 3 - Código Arranjo Cúbica de Corpo Centrado Prisma

/Diametro da caroço (centímetro)

\$D=1.03

\$R=\$D/2

\$DC=4*\$R

\$L=\$DC/(sqrt(3))

\$DP=\$D*0.16

\$RP=\$DP/2

\$M=asin(1/sqrt(3))

\$Y=\$R*sin(\$M)

\$XF=\$R*cos(\$M)

\$Z=\$XF*sin(45)

\$X=\$XF*cos(45)

\$P=sqrt((\$R^2)-(\$RP^2))

\$H=(\$DC-(4*\$P))/2

\$CG=15

\$LG=15

\$HG=75

\$EX=(\$CG/\$L)-1

\$EZ=(\$LG/\$L)-1

\$EY=(\$HG/\$L)-1

\$HE=6

\$HS=69

volume create "ACAI_CENTRO" radius \$R sphere

volume create "CCC_1" width \$L brick

coordinate create "CENTRO_ACAI_1" cartesian vertices "vertex.1" "vertex.2" \

"vertex.3"

volume create "ACAI_1" radius \$R sphere

coordinate create "CENTRO_ACAI_2" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

\$L 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_3" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

0 \$L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_4" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_2" offset \

0 \$L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_5" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_6" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_2" offset \

```

    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_7" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_3" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_8" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_4" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_2"
volume create "ACAI_2" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_3"
volume create "ACAI_3" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_4"
volume create "ACAI_4" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_5"
volume create "ACAI_5" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_6"
volume create "ACAI_6" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_7"
volume create "ACAI_7" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_8"
volume create "ACAI_8" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X $Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_4" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X $Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X -$Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_6" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X -$Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_5" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X -$Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_7" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X $Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_1" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X $Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_3" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X -$Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_8"
volume create "CONTATO_C_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_4"

```

```

        volume create "CONTATO_C_4" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_2"
        volume create "CONTATO_C_2" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_6"
        volume create "CONTATO_C_6" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_5"
        volume create "CONTATO_C_5" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_7"
        volume create "CONTATO_C_7" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_1"
        volume create "CONTATO_C_1" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_3"
        volume create "CONTATO_C_3" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        volume subtract "CCC_1" volumes "ACAI_CENTRO" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" \
        "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_C_8"
"CONTATO_C_4" \
        "CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6" "CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7"
"CONTATO_C_1" \
        "CONTATO_C_3"

        $i=0
        $j=0
        $k=0
        do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
            do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
                do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
                    coordinate activate "c_sys.1"
                    volume cmove "CCC_1" multiple 1 offset
($L*$i) ($L*$j) ($L*$k)
                enddo
            enddo
        enddo

        volume delete "volume.2" lowertopology

/Contorno

$H=$R-$P
$HCP=2*$H

coordinate activate "c_sys.1"
volume create "CCC_CONTORNO_MEIO" width $R depth $L height $L brick

```

```

coordinate create "CENTRO_ACAI_9" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_10" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_11" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
-($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_12" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
-($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_9_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset ($R/2) \
($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_10_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
($R/2) ($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_11_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
($R/2) -($L/2) -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_12_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
($R/2) -($L/2) ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_9"
volume create "ACAI_9" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_10"
volume create "ACAI_10" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_11"
volume create "ACAI_11" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_12"
volume create "ACAI_12" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_PONTE_9_P"
volume create "CONTATO_9_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_10_P"
volume create "CONTATO_10_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_11_P"
volume create "CONTATO_11_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_12_P"
volume create "CONTATO_12_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
volume subtract "CCC_CONTORNO_MEIO" volumes "ACAI_9" "ACAI_10"
"ACAI_11" \

```

"ACAI_12" "CONTATO_9_P" "CONTATO_10_P" "CONTATO_11_P"
"CONTATO_12_P"

```

$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_CONTORNO_MEIO" multiple 1
offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) ($L*$k)
    enddo
enddo

```

volume move "CCC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

$i=0
$j=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_CONTORNO_MEIO" multiple 1
offset ($L*$i) ($L*$j) -(($L/2)+($R/2))
    enddo
enddo

```

volume move "CCC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

$j=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_CONTORNO_MEIO" multiple 1
offset -(($L/2)+($R/2)) ($L*$j) ($L*$k)
    enddo
enddo

```

volume move "CCC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

$i=0
$j=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_CONTORNO_MEIO" multiple
1 offset ($L*$i) ($L*$j) ((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1)))
    enddo
enddo

```



```

volume move "CCC_CONTORNO_MEIO" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
        coordinate activate "c_sys.1"
        volume cmove "CCC_CONTORNO_MEIO"
multiple 1 offset ($L*$i) -(($L/2)+($R/2)) ($L*$k)

    enddo
enddo

volume move "CCC_CONTORNO_MEIO" dangle 180 vector 1 0 0 origin 0 0 0

$i=0
$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
        coordinate activate "c_sys.1"
        volume cmove "CCC_CONTORNO_MEIO"
multiple 1 offset ($L*$i) (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) ($L*$k)

    enddo
enddo

volume delete "CCC_CONTORNO_MEIO" lowertopology

/Aresta

$H=$R-$P
$HCP=2*$H

volume create "CCC_ARESTA" width $R depth $L height $R brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_13" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    ($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_14" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    -($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_13_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    ($R/2) ($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_13_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -($R/2) ($L/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation

```

```

coordinate create "CENTRO_PONTE_14_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
  ($R/2) -($L/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_14_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
  -($R/2) -($L/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_13"
volume create "ACAI_13" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_14"
volume create "ACAI_14" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_PONTE_13_P"
volume create "CONTATO_13_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_13_P_2"
volume create "CONTATO_13_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_14_P"
volume create "CONTATO_14_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_14_P_2"
volume create "CONTATO_14_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
volume subtract "CCC_ARESTA" volumes "ACAI_13" "ACAI_14"
"CONTATO_13_P" \
  "CONTATO_13_P_2" "CONTATO_14_P" "CONTATO_14_P_2"

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
  coordinate activate "c_sys.1"
  volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset
  (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))
enddo

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
  coordinate activate "c_sys.1"
  volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset
  (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) ($L*$j) -(($L/2)+($R/2))
enddo

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
  coordinate activate "c_sys.1"

```

```

                volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset -
((($L/2)+($R/2)) ($L*$j) -((($L/2)+($R/2))
            enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$j=0
do para "$j" init 0 cond ($j .le. ($EY)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset -
((($L/2)+($R/2)) ($L*$j) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))
    enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset -
((($L/2)+($R/2)) -((($L/2)+($R/2)) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) -((($L/2)+($R/2)) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset
(((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 0 0 1 origin 0 0 0

```

```

$k=0
do para "$k" init 0 cond ($k .le. ($EZ)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset -
((($L/2)+($R/2)) (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) ($L*$k)
    enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i)
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))
enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i) -
    (($L/2)+($R/2)) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))
enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i) -
    (($L/2)+($R/2)) -(($L/2)+($R/2))
enddo

```

```

volume move "CCC_ARESTA" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0

```

```

$i=0
do para "$i" init 0 cond ($i .le. ($EX)) incr(1)
    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_ARESTA" multiple 1 offset ($L*$i)
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1))) -(($L/2)+($R/2))
enddo

```

```

volume delete "CCC_ARESTA" lowertopology

```

```

/VERTICE

```

```

$H=$R-$P
$HCP=2*$H

```

```

volume create "CCC_VERTICE" width $R brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_15" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset -
($R/2) \
    -($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_15_P" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \

```

```

    -($R/2) ($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_15_P_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    -($R/2) -($R/2) ($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_15_P_3" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
    ($R/2) -($R/2) -($R/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate activate "CENTRO_ACAI_15"
    volume create "ACAI_15" radius $R sphere
    coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_P"
    volume create "CONTATO_15_P" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
yaxis frustum
    coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_P_2"
    volume create "CONTATO_15_P_2" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
zaxis frustum
    coordinate activate "CENTRO_PONTE_15_P_3"
    volume create "CONTATO_15_P_3" height $HCP radius1 $RP radius3 $RP
xaxis frustum
    volume subtract "CCC_VERTICE" volumes "ACAI_15" "CONTATO_15_P" \
    "CONTATO_15_P_2" "CONTATO_15_P_3"

    coordinate activate "c_sys.1"
    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

    volume move "CCC_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset (((($L/2)+($R/2))+($L*($i-1)))
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) -(($L/2)+($R/2))

    volume move "CCC_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset -(($L/2)+($R/2))
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) -(($L/2)+($R/2))

    volume move "CCC_VERTICE" dangle 90 vector 0 1 0 origin 0 0 0
    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset -(($L/2)+($R/2))
    (((($L/2)+($R/2))+($L*($j-1)))) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

    volume move "CCC_VERTICE" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0
    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset -(($L/2)+($R/2)) -
    (($L/2)+($R/2)) (((($L/2)+($R/2))+($L*($k-1))))

    volume move "CCC_VERTICE" dangle 90 vector 1 0 0 origin 0 0 0
    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset -(($L/2)+($R/2)) -
    (($L/2)+($R/2)) -(($L/2)+($R/2))

    volume move "CCC_VERTICE" dangle 270 vector 0 1 0 origin 0 0 0

```

```

    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset (((L/2)+(R/2))+(L*(i-1)))
    -((L/2)+(R/2)) -((L/2)+(R/2))

```

```

    volume move "CCC_VERTICE" dangle 270 vector 0 1 0 origin 0 0 0
    volume cmove "CCC_VERTICE" multiple 1 offset (((L/2)+(R/2))+(L*(i-1)))
    -((L/2)+(R/2)) (((L/2)+(R/2))+(L*(k-1)))

```

```

    volume delete "CCC_VERTICE" lowertopology

```

```

/Entrada

```

```

    volume create "CCC_ENTRADA" width ((i*L)+D) depth $HE height
    (($k*L)+D) offset (((i*L)+D)/2) -($HE/2) (((k*L)+D)/2) brick
    volume move "CCC_ENTRADA" offset -((L/2)+R) -((L/2)+R) -((L/2)+R)

```

```

/Saída

```

```

    volume create "CCC_SAIDA" width ((i*L)+D) depth $HS height
    (($k*L)+D) offset (((i*L)+D)/2) ($HS/2) (((k*L)+D)/2) brick
    volume move "CCC_SAIDA" offset -((L/2)+R) ((L*(j-1))+(L/2)+R) -
    ((L/2)+R)

```

Anexo 4 - Código Arranjo Cúbica Simples Cilindro

```

//Diametro do caroço de açaí (mm)
$D=1
$R=$D/2
$L=$D
$DP=$D*0.16
$RP=$DP/2
$P=sqrt(($R^2)-($RP^2))
$H=$L-(2*$P)
$DQ=$L*sqrt(2)

/Altura do leito (mm)
$HG=17
/Raio interno do gaseificador (mm)
$RG=4

$HE=1.5
$HS=1.5

volume create "CS_1" width $L brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_1" cartesian vertices "vertex.1" "vertex.2" \
"vertex.3"
volume create "ACAI_1" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_ACAI_2" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    $L 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_3" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    0 $L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_4" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_2" offset \
    0 $L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_5" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_6" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_2" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_7" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_3" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_8" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_4" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_2"
volume create "ACAI_2" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_3"
volume create "ACAI_3" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_4"

```

```

volume create "ACAI_4" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_5"
volume create "ACAI_5" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_6"
volume create "ACAI_6" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_7"
volume create "ACAI_7" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_8"
volume create "ACAI_8" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_PONTE_5_6" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
  -$R $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_7_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
  $R $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_6_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
  0 $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_5_7" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
  -$R 0 $R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_2_6" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
  -$R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_4_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
  $R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_2_4" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $R \
  0 -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_3_4" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
  $R -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset 0 \
  -$R -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_3" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
  -$R 0 -$R axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_3_7" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
  -$R $R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_5" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset \
  -$R -$R 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_6"
volume create "CONTATO_5_6" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_8"

```



```

        volume create "CONTATO_7_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_8"
        volume create "CONTATO_6_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_7"
        volume create "CONTATO_5_7" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_6"
        volume create "CONTATO_2_6" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_8"
        volume create "CONTATO_4_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_4"
        volume create "CONTATO_2_4" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_4"
        volume create "CONTATO_3_4" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_2"
        volume create "CONTATO_1_2" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_3"
        volume create "CONTATO_1_3" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_7"
        volume create "CONTATO_3_7" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_5"
        volume create "CONTATO_1_5" height $H radius1 $RP radius3 $RP zaxis
frustum
        /volume subtract "CS_1" volumes "ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" "ACAI_4"
"ACAI_5" \
        / "ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6" "CONTATO_7_8"
"CONTATO_6_8" \
        / "CONTATO_5_7" "CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8" "CONTATO_2_4"
"CONTATO_3_4" \
        / "CONTATO_1_2" "CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7" "CONTATO_1_5"

/4 quadrante
$i=0
$j=0
$k=0
$iz=$RG
do para "$i" init 0 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 0 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"

```

```

                                volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
                                "ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \
                                "CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \
                                "CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset ($L*$i) ($L*$j) ($L*$k)

                                enddo

                                enddo
                                $iz=$iz-1
                        enddo

/1 quadrante
$i=0
$j=0
$k=1
$iz=$RG
do para "$i" init 0 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 1 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"
            volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
                                "ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \
                                "CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \
                                "CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset ($L*$i) ($L*$j) (-($L*$k))
                                enddo
                                enddo
                                $iz=$iz-1
                        enddo

/3 quadrante
$i=1
$j=0
$k=0
$iz=$RG-$L
do para "$i" init 1 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 0 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"
            volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
                                "ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \

```

```

"CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \
"CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset (-($L*$i)) ($L*$j) ($L*$k)
    enddo
    enddo
    $iz=$iz-1
enddo

/2 quadrante
$i=1
$j=0
$k=1
$iz=$RG-$L
do para "$i" init 1 cond ($i.lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 1 cond ($k.lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j.lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"
            volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
"ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \
"CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \
"CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset (-($L*$i)) ($L*$j) (-($L*$k))
    enddo
    enddo
    $iz=$iz-1
enddo

/Gaseificador

$HIP=sqrt(((($L/2)*($L/2))+(((($L*($i-1))+($L/2))*((($L*($i-1))+($L/2))))))
$RGAI= $HIP+$R

coordinate activate "c_sys.1"
volume create "GASEIFICADOR" height (($L*$j)+$D) radius1 ($RGAI) radius3
($RGAI) offset 0 (((($L*$j)+$D)/2) 0 yaxis frustum
volume move "GASEIFICADOR" offset 0 -$L 0

/Contato com a parede

/$HP=$R-$P

/$BETA=ACOS(($L/2)/$HIP)
/$ZCOR=($RGAI*COS($BETA))
/$XCOR=($RGAI*SIN($BETA))
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_1" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset $XCOR 0 $ZCOR axis1 "x" \

```

```

/ angle1 0 axis2 "y" angle2 ($BETA+90) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_2" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset $XCOR 0 -$ZCOR axis1 "x" \
/ angle1 0 axis2 "y" angle2 (-90-$BETA) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_3" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset -$ZCOR 0 $XCOR axis1 "x" \
/ angle1 0 axis2 "y" angle2 ($BETA+90) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_4" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset -$ZCOR 0 -$XCOR axis1 "x" \
/ angle1 0 axis2 "y" angle2 (-$BETA) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_5" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset -$XCOR 0 -$ZCOR axis1 "x" \
/ angle1 0 axis2 "y" angle2 ($BETA-90) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_6" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset -$XCOR 0 $ZCOR axis1 "x" \
/ angle1 0 axis2 "y" angle2 (-$BETA-180) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_7" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset $ZCOR 0 -$XCOR axis1 "x" \
/ angle1 0 axis2 "y" angle2 ($BETA+180) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate create "CENTRO_PONTE_PAREDE_8" cartesian oldsystem
"c_sys.1" offset $ZCOR 0 $XCOR axis1 "x" \
/ angle1 0 axis2 "y" angle2 (-$BETA+180) axis3 "z" angle3 0 rotation
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_1"
/volume create "PONTE_PAREDE_1" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_2"
/volume create "PONTE_PAREDE_2" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_3"
/volume create "PONTE_PAREDE_3" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_4"
/volume create "PONTE_PAREDE_4" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_5"
/volume create "PONTE_PAREDE_5" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_6"
/volume create "PONTE_PAREDE_6" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_7"
/volume create "PONTE_PAREDE_7" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum
/coordinate activate "CENTRO_PONTE_PAREDE_8"
/volume create "PONTE_PAREDE_8" height (4*$HP) radius1 $RP radius3
$RP axis frustum

/Ajuste

/$i=2

```

```

/$ai=3+1
/$k=8
/do para "$i" init $i cond ($i .lt. ($ai)) incr(1)
/
do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
/
/
/4 quadrante
/
/
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
/
"ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \
/
"CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \
/
"CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset ($L*$i) ($L*$j) ($L*$k)
/
/
/1 quadrante
/
/
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
/
"ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \
/
"CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \
/
"CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset ($L*$i) ($L*$j) (-($L*$k))
/
/
/3 quadrante
/
/
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
/
"ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \
/
"CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \
/
"CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset (-($L*$i)) ($L*$j) ($L*$k)
/
/
/2 quadrante
/
/
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CS_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" \
/
"ACAI_7" "ACAI_8" "CONTATO_5_6"
"CONTATO_7_8" "CONTATO_6_8" "CONTATO_5_7" \
/
"CONTATO_2_6" "CONTATO_4_8"
"CONTATO_2_4" "CONTATO_3_4" "CONTATO_1_2" \

```

```

/                                     "CONTATO_1_3" "CONTATO_3_7"
"CONTATO_1_5" multiple 1 offset (-($L*$i)) ($L*$j) (-($L*$k))
/
/                                     enddo
/endo

/Entrada

volume create "CS_ENTRADA" height $HE radius1 ($RGAI) radius3 ($RGAI)
offset 0 -($HE/2) 0 yaxis frustum
volume move "CS_ENTRADA" offset 0 -(($L/2)+$R) 0

/Saída

volume create "CS_SAIDA" height $HS radius1 ($RGAI) radius3 ($RGAI)
offset 0 ($HS/2) 0 yaxis frustum
volume move "CS_SAIDA" offset 0 (($L*($j-1))+($L/2)+$R) 0

```

Anexo 5 - Código Arranjo Cúbica de Face Centrada Cilindro

```

/Diametro da caroço (mm)
$D=1
$R=$D/2
$DQ=4*$R
$L=$DQ/(sqrt(2))
$DP=$D*0.16
$RP=$DP/2

$X=$R*sin(45)
$Y=$R*cos(45)

$P=sqrt(($R^2)-($RP^2))
$H=($DQ-(4*$P))/2

/Altura do leito (mm)
$HG=2
/Raio interno do gaseificador (mm)
$RG=2

volume create "CFC_1" width $L brick
coordinate create "CENTRO_ACAI_1" cartesian vertices "vertex.1" "vertex.2" \
"vertex.3"
volume create "ACAI_1" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_ACAI_2" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    $L 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_3" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    0 $L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_4" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_2" offset 0 \
    $L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_5" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_1" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_6" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_2" offset 0 \
    0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_7" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_3" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_8" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_4" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

```

```

coordinate create "CENTRO_ACAI_9" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset
($L/2) \
    0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_10" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset \
    -($L/2) 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_11" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
\
    ($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_12" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
\
    -($L/2) 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_13" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
0 \
    ($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate create "CENTRO_ACAI_14" cartesian oldsystem "c_sys.1" offset 0
0 \
    -($L/2) axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_2"
volume create "ACAI_2" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_3"
volume create "ACAI_3" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_4"
volume create "ACAI_4" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_5"
volume create "ACAI_5" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_6"
volume create "ACAI_6" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_7"
volume create "ACAI_7" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_8"
volume create "ACAI_8" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_9"
volume create "ACAI_9" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_10"
volume create "ACAI_10" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_11"
volume create "ACAI_11" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_12"
volume create "ACAI_12" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_13"
volume create "ACAI_13" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_14"
volume create "ACAI_14" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_PONTE_5_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \
    offset -$X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 45
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_6_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \

```



```

        offset $X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 135
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_7_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \
    offset -$X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -45
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_8_13" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_13" \
    offset $X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -135
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_6_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
    offset 0 -$Y $X axis1 "x" angle1 -45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_8_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
    offset 0 $Y $X axis1 "x" angle1 -135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_4_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
    offset 0 $Y -$X axis1 "x" angle1 135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_2_9" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_9" \
    offset 0 -$Y -$X axis1 "x" angle1 45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_4_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
    offset $X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -135
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_3_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
    offset -$X $Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 -45
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_1_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
    offset -$X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 45
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_2_14" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_14" \
    offset $X -$Y 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 135
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_7_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \
    offset 0 $Y $X axis1 "x" angle1 -135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
    coordinate create "CENTRO_PONTE_5_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \
    offset 0 -$Y $X axis1 "x" angle1 -45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation

```

```

coordinate create "CENTRO_PONTE_1_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \
    offset 0 -$Y -$X axis1 "x" angle1 45 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_3_10" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_10" \
    offset 0 $Y -$X axis1 "x" angle1 135 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_8_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
    offset $X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_7_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
    offset -$X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_3_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
    offset -$X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_4_11" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_11" \
    offset $X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_5_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
    offset -$X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_6_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
    offset $X 0 $Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_2_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
    offset $X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_1_12" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_12" \
    offset -$X 0 -$Y axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 0
rotation
coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_13"
volume create "CONTATO_5_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_13"
volume create "CONTATO_6_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_13"
volume create "CONTATO_7_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_8_13"

```

```

        volume create "CONTATO_8_13" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_9"
        volume create "CONTATO_6_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_8_9"
        volume create "CONTATO_8_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_9"
        volume create "CONTATO_4_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_9"
        volume create "CONTATO_2_9" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_14"
        volume create "CONTATO_4_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_14"
        volume create "CONTATO_3_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_14"
        volume create "CONTATO_1_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_14"
        volume create "CONTATO_2_14" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_10"
        volume create "CONTATO_7_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_10"
        volume create "CONTATO_5_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_10"
        volume create "CONTATO_1_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_10"
        volume create "CONTATO_3_10" height $H radius1 $RP radius3 $RP yaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_8_11"
        volume create "CONTATO_8_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_7_11"
        volume create "CONTATO_7_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_3_11"
        volume create "CONTATO_3_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
        coordinate activate "CENTRO_PONTE_4_11"
        volume create "CONTATO_4_11" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum

```

```

coordinate activate "CENTRO_PONTE_5_12"
volume create "CONTATO_5_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_6_12"
volume create "CONTATO_6_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_2_12"
volume create "CONTATO_2_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_1_12"
volume create "CONTATO_1_12" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum

/4 quadrante
$i=0
$j=0
$k=0
$iz=$RG
do para "$i" init 0 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
do para "$k" init 0 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
"ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
"ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
"CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
"CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
"CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
"CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset ($L*$i)
($L*$j) ($L*$k)
enddo
enddo
$iz=$iz-1
enddo

/1 quadrante
$i=0
$j=0
$k=1
$iz=$RG
do para "$i" init 0 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
do para "$k" init 1 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)

```

```

coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CFC_1" "ACAI_1"
"ACAI_2" "ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
    "ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
    "ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
    "CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
    "CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
    "CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
    "CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset ($L*$i)
($L*$j) (-($L*$k))
    enddo
    enddo
    $iz=$iz-1
enddo

/3 quadrante
$i=1
$j=0
$k=0
$iz=$RG-$L
do para "$i" init 1 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 0 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"
            volume cmove "CFC_1" "ACAI_1"
"ACAI_2" "ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
    "ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
    "ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
    "CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
    "CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
    "CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
    "CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset (-($L*$i))
($L*$j) ($L*$k)
        enddo
    enddo
    $iz=$iz-1
enddo

```

```

/2 quadrante
$i=1
$j=0
$k=1
$iz=$RG-$L
do para "$i" init 1 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 1 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"
            volume cmove "CFC_1" "ACAI_1"
"ACAI_2" "ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
    "ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
    "ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
    "CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
    "CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
    "CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
    "CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset (-($L*$i))
($L*$j) (-($L*$k))
        enddo
    enddo
    $iz=$iz-1
enddo

/Gaseificador

$HIP=sqrt(((($L/2)*($L/2))+(((($L*($i-1))+($L/2))*((($L*($i-1))+($L/2))))))
$RGAI= $HIP+$R

coordinate activate "c_sys.1"
volume create "GASEIFICADOR" height ((($L*$j)+$D) radius1 ($RGAI) radius3
($RGAI) offset 0 (((($L*$j)+$D)/2) 0 yaxis frustum
volume move "GASEIFICADOR" offset 0 -((($L/2)+$R) 0

/Ajuste

/$i=2
/$ai=3+1
/$k=8
/do para "$i" init $i cond ($i .lt. ($ai)) incr(1)
/
do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
/
/
/4 quadrante
/
coordinate activate "c_sys.1"

```

```

/
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
/
"ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
/
"ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
/
"CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
/
"CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
/
"CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
/
"CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset ($L*$i)
($L*$j) ($L*$k)
/
/
/1 quadrante
/
/
coordinate activate "c_sys.1"
/
volume cmove "CFC_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
/
"ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
/
"ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
/
"CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
/
"CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
/
"CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
/
"CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset ($L*$i)
($L*$j) (-($L*$k))
/
/
/3 quadrante
/
/
coordinate activate "c_sys.1"
/
volume cmove "CFC_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
/
"ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
/
"ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
/
"CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
/
"CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
/
"CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \

```

```

/                                     "CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset (-($L*$i))
($L*$j) ($L*$k)
/
/                                     /2 quadrante
/
/                                     coordinate activate "c_sys.1"
/                                     volume cmove "CFC_1" "ACAI_1" "ACAI_2"
"ACAI_3" "ACAI_4" "ACAI_5" \
/                                     "ACAI_6" "ACAI_7" "ACAI_8" "ACAI_9"
"ACAI_10" "ACAI_11" "ACAI_12" "ACAI_13" \
/                                     "ACAI_14" "CONTATO_5_13"
"CONTATO_6_13" "CONTATO_7_13" "CONTATO_8_13" \
/                                     "CONTATO_6_9" "CONTATO_8_9"
"CONTATO_4_9" "CONTATO_2_9" "CONTATO_4_14" \
/                                     "CONTATO_3_14" "CONTATO_1_14"
"CONTATO_2_14" "CONTATO_7_10" "CONTATO_5_10" \
/                                     "CONTATO_1_10" "CONTATO_3_10"
"CONTATO_8_11" "CONTATO_7_11" "CONTATO_3_11" \
/                                     "CONTATO_4_11" "CONTATO_5_12"
"CONTATO_6_12" "CONTATO_2_12" "CONTATO_1_12" multiple 1 offset (-($L*$i))
($L*$j) (-($L*$k))
/
/                                     enddo
/enddo

```


Anexo 6 - Código Arranjo Cúbica de Corpo Centrado Cilindro

/Diametro da carço (mm)

\$D=1

\$R=\$D/2

\$DC=4*\$R

\$L=\$DC/(sqrt(3))

\$DP=\$D*0.16

\$RP=\$DP/2

\$M=asin(1/sqrt(3))

\$Y=\$R*sin(\$M)

\$XF=\$R*cos(\$M)

\$Z=\$XF*sin(45)

\$X=\$XF*cos(45)

\$P=sqrt((\$R^2)-(\$RP^2))

\$H=(\$DC-(4*\$P))/2

/Altura do leito (mm)

\$HG=2

/Raio interno do gaseificador (mm)

\$RG=2

volume create "ACAI_CENTRO" radius \$R sphere

volume create "CCC_1" width \$L brick

coordinate create "CENTRO_ACAI_1" cartesian vertices "vertex.1" "vertex.2" \

"vertex.3"

volume create "ACAI_1" radius \$R sphere

coordinate create "CENTRO_ACAI_2" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

\$L 0 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_3" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

0 \$L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_4" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_2" offset \

0 \$L 0 axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_5" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_1" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_6" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_2" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

coordinate create "CENTRO_ACAI_7" cartesian oldsystem

"CENTRO_ACAI_3" offset \

0 0 \$L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation

```

coordinate create "CENTRO_ACAI_8" cartesian oldsystem
"CENTRO_ACAI_4" offset \
    0 0 $L axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 0 axis3 "z" angle3 0 rotation
coordinate activate "CENTRO_ACAI_2"
volume create "ACAI_2" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_3"
volume create "ACAI_3" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_4"
volume create "ACAI_4" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_5"
volume create "ACAI_5" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_6"
volume create "ACAI_6" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_7"
volume create "ACAI_7" radius $R sphere
coordinate activate "CENTRO_ACAI_8"
volume create "ACAI_8" radius $R sphere
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_8" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X $Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_4" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X $Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_2" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X -$Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -135 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_6" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset $X -$Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 135 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_5" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X -$Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_7" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X $Y \
    $Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 45 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_1" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X $Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 -$M rotation
coordinate create "CENTRO_PONTE_C_3" cartesian oldsystem "c_sys.1"
offset -$X -$Y \
    -$Z axis1 "x" angle1 0 axis2 "y" angle2 -45 axis3 "z" angle3 $M rotation
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_8"
volume create "CONTATO_C_8" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_4"
volume create "CONTATO_C_4" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_2"
volume create "CONTATO_C_2" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum

```

```

coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_6"
volume create "CONTATO_C_6" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_5"
volume create "CONTATO_C_5" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_7"
volume create "CONTATO_C_7" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_1"
volume create "CONTATO_C_1" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum
coordinate activate "CENTRO_PONTE_C_3"
volume create "CONTATO_C_3" height $H radius1 $RP radius3 $RP xaxis
frustum

```

```

/4 quadrante
$i=0
$j=0
$k=0
$iz=$RG
do para "$i" init 0 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 0 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"
            volume cmove "CCC_1" "ACAI_CENTRO"
"ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \
    "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
"ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
    "CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
"CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
    "CONTATO_C_3" multiple 1 offset ($L*$i)
($L*$j) ($L*$k)
                                enddo
                                enddo
                                $iz=$iz-1
                                enddo

/1 quadrante
$i=0
$j=0
$k=1
$iz=$RG
do para "$i" init 0 cond ($i .lt. ($RG)) incr(1)
    do para "$k" init 1 cond ($k .lt. ($iz)) incr(1)
        do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
            coordinate activate "c_sys.1"
            volume cmove "CCC_1" "ACAI_CENTRO"
"ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \

```

```

"ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
"ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
"CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
"CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
"CONTATO_C_3" multiple 1 offset ($L*$i)
($L*$j) (-($L*$k))
enddo
enddo
$iz=$iz-1
enddo

/3 quadrante
$i=1
$j=0
$k=0
$iz=$RG-$L
do para "$i" init 1 cond ($i.lt. ($RG)) incr(1)
do para "$k" init 0 cond ($k.lt. ($iz)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j.lt. ($HG)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CCC_1" "ACAI_CENTRO"
"ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \
"ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
"ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
"CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
"CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
"CONTATO_C_3" multiple 1 offset (-
($L*$i)) ($L*$j) ($L*$k)
enddo
enddo
$iz=$iz-1
enddo

/2 quadrante
$i=1
$j=0
$k=1
$iz=$RG-$L
do para "$i" init 1 cond ($i.lt. ($RG)) incr(1)
do para "$k" init 1 cond ($k.lt. ($iz)) incr(1)
do para "$j" init 0 cond ($j.lt. ($HG)) incr(1)
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CCC_1" "ACAI_CENTRO"
"ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \
"ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
"ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
"CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
"CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
"CONTATO_C_3" multiple 1 offset (-
($L*$i)) ($L*$j) (-($L*$k))

```

```

                                enddo
                        enddo
                        $iz=$iz-1
    enddo

    /Gaseificador

    $HIP=sqrt(((($L/2)*($L/2))+(((($L*($i-1))+($L/2))*((($L*($i-1))+($L/2))))))
    $RGAI= $HIP+$R

    coordinate activate "c_sys.1"
    volume create "GASEIFICADOR" height ((($L*$j)+$D) radius1 ($RGAI) radius3
    ($RGAI) offset 0 (((($L*$j)+$D)/2) 0 yaxis frustum
    volume move "GASEIFICADOR" offset 0 -((($L/2)+$R) 0

    /Ajuste

    /$i=2
    /$ai=3+1
    /$k=8
    /do para "$i" init $i cond ($i .lt. ($ai)) incr(1)
    /      do para "$j" init 0 cond ($j .lt. ($HG)) incr(1)
    /
    /      /4 cuadrante
    /
    /      coordinate activate "c_sys.1"
    /      volume cmove "CCC_1" "ACAI_CENTRO"
    "ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \
    /      "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
    "ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
    /      "CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
    "CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
    /      "CONTATO_C_3" multiple 1 offset ($L*$i)
    ($L*$j) ($L*$k)
    /
    /      /1 cuadrante
    /
    /      coordinate activate "c_sys.1"
    /      volume cmove "CCC_1" "ACAI_CENTRO"
    "ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \
    /      "ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
    "ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
    /      "CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
    "CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
    /      "CONTATO_C_3" multiple 1 offset ($L*$i)
    ($L*$j) (-($L*$k))
    /
    /      /3 cuadrante
    /
    /      coordinate activate "c_sys.1"

```

```

/
"ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \
/
"ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
"ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
/
"CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
"CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
/
"CONTATO_C_3" multiple 1 offset (-($L*$i))
($L*$j) ($L*$k)
/
/
/2 quadrante
/
/
coordinate activate "c_sys.1"
volume cmove "CCC_1" "ACAI_CENTRO"
"ACAI_1" "ACAI_2" "ACAI_3" \
/
"ACAI_4" "ACAI_5" "ACAI_6" "ACAI_7"
"ACAI_8" "CONTATO_C_8" "CONTATO_C_4" \
/
"CONTATO_C_2" "CONTATO_C_6"
"CONTATO_C_5" "CONTATO_C_7" "CONTATO_C_1" \
/
"CONTATO_C_3" multiple 1 offset (-($L*$i))
($L*$j) (-($L*$k))
/
/
enddo
/enddo

```